



**TUGAS AKHIR - TF 141581**

# **PERANCANGAN *LOUDSPEAKER DODECAHEDRON* MINI UNTUK PENGUKURAN AKUSTIK RUANG**

TIARA HANINDITA  
NRP. 02311440000117

Dosen Pembimbing :  
Dr. Dhany Arifianto, S.T, M.Eng.

DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
Surabaya 2018

*“Halaman ini memang dikosongkan”*



***FINAL PROJECT - TF 141581***

***MINI DODECAHEDRON LOUDSPEAKER  
DESIGNS FOR A ROOM ACOUSTICS  
MEASUREMENTS***

***TIARA HANINDITA  
NRP. 02311440000117***

***Supervisors :  
Dr. Dhany Arifianto, S.T, M.Eng.***

***ENGINEERING PHYSICS DEPARTMENT  
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
Surabaya 2018***

*“Halaman ini memang dikosongkan”*

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Tiara Hanindita  
NRP : 02311440000117  
Departemen / Prodi : Teknik Fisika / S1 Teknik Fisika  
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri  
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “Perancangan *Loudspeaker Dodecahedron* Mini untuk Pengukuran Akustik Ruang” adalah benar-benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari orang lain. Apalagi di kemudian hari terbukti terdapat plagiat pada Tugas Akhir ini, maka saya bersedia untuk menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya,  
Yang membuat pernyataan,



Tiara Hanindita  
NRP. 02311440000117

*“Halaman ini memang dikosongkan”*

**LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR**

**PERANCANGAN *LOUDSPEAKER DODECAHEDRON*  
MINI UNTUK PENGUKURAN AKUSTIK RUANG**

Oleh:  
**Tiara Hanindita**  
**NRP. 02311440000117**

**Surabaya,**

**Menyetujui,  
Dosen Pembimbing I**



**Dr. Dhany Arifianto, S.T., M.Eng.**  
**NIPN. 197310071998021001**

**Mengetahui,  
Ketua Departemen  
Teknik Fisika FTI-ITS**



**Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.**  
**NIPN. 197809022003121002**

*“Halaman ini memang dikosongkan”*



**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PERANCANGAN *LOUDSPEAKER DODECAHEDRON***  
**MINI UNTUK PENGUKURAN AKUSTIK RUANG**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Rekayasa Vibrasi dan Akustik  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Fisika  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember


Oleh:

**TIARA HANINDITA**  
**NRP. 02311440000117**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Dr. Dhany Arifianto, S.T., M.Eng.
2. Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.
3. Ir. Jerri Susatio, M.T.
4. Dr. Bambang Lelono W., S.T., M.T.

..... Pembimbing  
..... Ketua Penguji  
..... Penguji I  
..... Penguji II



**SURABAYA**  
**Juli, 2018**

*“Halaman ini memang dikosongkan”*

# PERANCANGAN *LOUDSPEAKER DODECAHEDRON* MINI UNTUK PENGUKURAN AKUSTIK RUANG

**Nama** : Tiara Hanindita  
**NRP** : 02311440000117  
**Departemen** : Teknik Fisika FTI-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Dr.Dhany Arifianto, S.T, M.Eng.

## Abstrak

Untuk mendapatkan hasil pengukuran akustik ruang yang akurat, diperlukan sebuah sumber suara omnidirectional. Salah satu jenis loudspeaker berstandar internasional yang umum digunakan untuk pengukuran akustik ruang adalah loudspeaker dodecahedron yang memiliki dua belas sisi. Loudspeaker dodecahedron dipilih sebagai bentuk loudspeaker polyhedron terbaik karena perbandingan antara luas area bola dengan bentuk polyhedronnya paling besar, sehingga dapat dikatakan hampir berbentuk bola sempurna. Penelitian tugas akhir ini melakukan perancangan *loudspeaker dodecahedron*, yang dimulai dengan simulasi *software*, mendesain, rancang bangun, dan juga uji karakteristik untuk melihat unjuk kerja dari *loudspeaker* tersebut. Pengujian ini dilakukan di ruang *anechoic*, di luar ruangan, dan di dalam ruangan dengan mengacu pada standarisasi ISO 3745, dan 3382-1. Hasil dari penelitian ini adalah *loudspeaker dodecahedron* 25 cm mampu menghasilkan 81,98 dB di *anechoic chamber*, dan 95,22 dB dengan sinyal *pink noise*, sedangkan *loudspeaker dodecahedron* 40 cm mampu menghasilkan 87,4 dB di *anechoic chamber*, dan 97,7 dB dengan sinyal *pink noise*. Kedua *loudspeaker dodecahedron* memiliki pola keterarahan yang merata pada frekuensi 40-2000 Hz. Namun menurut ISO 3382-1, kedua *loudspeaker dodecahedron* tidak memenuhi batas deviasi maksimum pada frekuensi 125 Hz, sehingga hanya bersifat *omnidirectional* pada frekuensi 250-4000 Hz di ruangan.

**Kata Kunci:** loudspeaker dodecahedron, omnidirectional, respon frekuensi.

*“Halaman ini memang dikosongkan”*

## ***MINI DODECAHEDRON LOUDSPEAKER DEISGNS FOR A ROOM ACOUSTICS MEASUREMENTS***

***Name*** : ***Tiara Hanindita***  
***NRP*** : ***02311440000117***  
***Department*** : ***Teknik Fisika FTI-ITS***  
***Supervisors*** : ***Dr.Dhany Arifianto, S.T, M.Eng.***

### **Abstract**

*A room acoustics measurement requires omnidirectional sound sources. One of the sound source frequently used for room acoustic meauserements is loudspeaker dodecahedron. loudspeaker dodecahedron. loudspeaker dodecahedron is choosed for its big ratio between its spherical area and its polyhedron. This final project research about design of loudspeaker dodecahedron, which starts with software simulation, design, and characteristic test to see the performance of the loudspeaker. This test conducted in the anechoic chamber, in outdoor, and in auditorium refering to the standardization of ISO 3745, and 3382-1. Based on the data obtained, loudspeaker dodecahedron 2,5" produces 81,98 dB SPL in anechoic room, and 95,22 dB SPL in auditorium with pink noise. Meanwhile, loudspeaker dodecahedron 4" produces 87,4 dB SPL in anechoic room, and 97,7 dB SPL in auditorium with pink noise. Both of them have flat response on 40-2000 Hz. Although according to ISO 3382-1, both of them have not met the criteria as an omnidirectional source when generating 125 Hz frequency.*

***Keywords*** : ***Dodecahedron loudspeaker, frequency response, omnidirectional***

*“Halaman ini memang dikosongkan”*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya, serta shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW, hingga terselesaikannya tugas akhir beserta laporan tugas akhir yang berjudul **PERANCANGAN *LOUDSPEAKER DODECAHEDRON* MINI UNTUK PENGUKURAN AKUSTIK RUANG.**

Penulis telah banyak memperoleh bantuan dari berbagai pihak dalam penyelesaian tugas akhir dan laporan Tugas Akhir ini. Penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D selaku Ketua Departemen Teknik Fisika yang telah memberikan petunjuk, ilmu, serta bimbingan selama menempuh pendidikan di Teknik Fisika.
2. Bapak Dr. Dhany Arifianto, S.T, M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar memberikan petunjuk, ilmu, serta bimbingan yang sangat bermanfaat.
3. Bapak Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc., selaku Kepala Laboratorium Rekayasa Instrumensi yang telah memberikan ilmu, beserta kemudahan perizinan.
4. Bapak Andi Rahmadiansah, S.T, M.T., selaku dosen wali yang telah membimbing penulis selama perkuliahan.
5. Kedua orang tua (Bapak Hermanto dan Ibu Herlina) serta saudara ( Nindya dan Reisha ). Terima kasih atas segala doa, perhatian, serta dukungan moril dan materiil yang telah diberikan.
6. Petrus Prasetyo Utomo yang selalu memberikan doa, perhatian, dan semangat selama ini.
7. Seluruh rekan TA-wan dan TA-wati bidang minat vibrastik yang saling memberi motivasi dan bantuan.
8. Seluruh rekan Laboratorium Vibrasi dan Akustik yang selalu siap membantu untuk pemngambilan data.
9. Seluruh teman – teman Departemen Teknik Fisika angkatan 2014.

10. Seluruh dosen, karyawan dan civitas akademik Teknik Fisika, terimakasih atas segala bantuan dan kerjasamanya.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terimakasih atas bantuannya.

Penulis sadar bahwa penulisan laporan tugas akhir ini tidak sempurna, namun semoga laporan ini dapat memberikan kontribusi yang berarti dan menambah wawasan yang bermanfaat bagi pembaca, keluarga besar Teknik Fisika khususnya, dan civitas akademik ITS pada umumnya. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat sebagai referensi pengerjaan laporan tugas akhir bagi mahasiswa yang lain.

Surabaya, 5 Juni 2018

Penulis



## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Title Page.....	iii
Abstrak .....	xiii
Abstract .....	xv
KATA PENGANTAR.....	xvii
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR .....	xix
DAFTAR TABEL .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Sistematika Laporan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 <i>Loudspeaker Dodecahedron</i> .....	5
2.2 Parameter Gelombang Suara.....	6
2.3 Gelombang Sferis .....	7
2.4 Keterarahan Suara .....	7
2.5 Anechoic Chamber.....	8
2.6 Waktu Dengung .....	9
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	11
3.1 Rancang Bangun <i>Loudspeaker Dodecahedron</i> .....	11
3.2 Pengukuran <i>Speaker Driver</i> Tunggal.....	14
3.3 Pengukuran Karakteristik <i>Loudspeaker Dodecahedron</i> .....	16
3.4 Perbandingan Unjuk Kerja <i>Loudspeaker Dodecahedron</i> .....	24
BAB IV HASIL SIMULASI DAN PENGUKURAN.....	25
4.1 Hasil Rancang Bangun <i>Loudspeaker Dodecahedron</i> .....	25
4.2 Hasil Pengukuran <i>Speaker Driver</i> Tunggal .....	28
4.3 Hasil Pengukuran Loudspeaker Dodecahedron .....	34
4.4 Perbandingan Unjuk Kerja Loudspeaker Dodecahedron .....	54

BAB V PENUTUP .....	69
5.1    Kesimpulan .....	69
5.2    Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA.....	71
Lampiran.....	73
BIODATA PENULIS.....	79

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Jenis <i>loudspeaker</i> polihedron : (a) <i>tetrahedron</i> , (b) <i>hexahedron</i> , (c) <i>octahedron</i> , (d) <i>dodecahedron</i> , (e) <i>icosahedron</i> [1]	5
<b>Gambar 2.2</b> Ilustrasi hukum kuadrat terbalik	7
<b>Gambar 2.3</b> Pola keterarahan suara pada medan suara bebas (a) monopul, (b) dipol, (c) lateral quadropol, (d) longitudinal quadropol	8
<b>Gambar 2.4</b> Ruang <i>anechoic chamber</i> di Laboratorium "Adhiwijogo" ITB	9
<b>Gambar 3. 2</b> Rancang bangun <i>loudspeaker dodecahedron 2,5</i> “ pada perangkat lunak <i>Sketchup</i>	11
<b>Gambar 3. 3</b> Rancang bangun <i>loudspeaker dodecahedron 4</i> ” pada perangkat lunak <i>Sketchup</i>	12
<b>Gambar 3. 4</b> Pengaturan properti simulasi pada <i>Comsol Multiphysics 5.3</i>	15
<b>Gambar 3. 5</b> <i>Set up</i> alat untuk pengukuran keterarahan <i>driver speaker</i>	16
<b>Gambar 3. 6</b> Skema titik pengukuran tingkat tekanan bunyi di <i>anechoic room</i>	17
<b>Gambar 3. 7</b> Skema titik pengukuran tingkat tekanan bunyi di <i>anechoic room</i>	18
<b>Gambar 3. 8</b> Skema keterarahan di <i>anechoic room</i>	19
<b>Gambar 3. 9</b> Pengaturan alat pengukuran karakteristik ISO 3745 di ruang <i>anechoic</i>	19
<b>Gambar 3. 10</b> <i>Set up</i> posisi mikrofon untuk pengukuran di luar ruangan	20
<b>Gambar 3. 11</b> <i>Set up</i> alat pengukuran karakteristik berdasarkan ISO 3382-1	22
<b>Gambar 3. 12</b> <i>Set up</i> posisi mikrofon untuk pengukuran di dalam ruangan	22
<b>Gambar 3. 13</b> <i>Set up</i> posisi mikrofon untuk pengukuran waktu dengung	23
<b>Gambar 4. 1</b> Purwarupa <i>Loudspeaker dodecahedron 2,5</i> ”	25
<b>Gambar 4. 2</b> Purwarupa <i>Loudspeaker dodecahedron 4</i> ”	25

<b>Gambar 4. 3</b> Purwarupa kotak <i>box</i> penyimpanan Vibrastics <i>dodecahedron</i> .....	28
<b>Gambar 4. 4</b> Hasil simulasi sensitivitas driver speaker 2.5” SB65WBAC25-4.....	28
<b>Gambar 4. 5</b> Hasil simulasi tingkat tekanan bunyi driver speaker 2.5” SB65WBAC25-4 .....	29
<b>Gambar 4. 6</b> Hasil simulasi keterarahan driver speaker 2.5” SB65WBAC25-4.....	30
<b>Gambar 4. 7</b> Hasil simulasi sensitivitas driver speaker 4” SB12CACS25-8 .....	31
<b>Gambar 4. 8</b> Hasil simulasi tingkat tekanan bunyi driver speaker 4” SB12CACS25-8.....	31
<b>Gambar 4. 9</b> Hasil simulasi keterarahan driver speaker4” SB12CACS25-8 .....	32
<b>Gambar 4. 10</b> Hasil pola keterarahan <i>driver speaker</i> 2.5” SB65WBAC25-4.....	33
<b>Gambar 4. 11</b> Hasil pola keterarahan <i>driver speaker</i> 4” SB12CACS25-8 .....	33
<b>Gambar 4. 12</b> Pola keterarahan <i>loudspeaker dodecahedron</i> 2.5” di <i>anechoic room</i> .....	35
<b>Gambar 4. 13</b> Pola keterarahan <i>loudspeaker dodecahedron</i> 4” di <i>anechoic room</i> .....	37
<b>Gambar 4. 14</b> Respon frekuensi <i>loudspeaker dodecahedron</i> 2.5” di <i>anechoic room</i> .....	38
<b>Gambar 4. 15</b> Respon frekuensi <i>loudspeaker dodecahedron</i> 4” di <i>anechoic room</i> .....	39
<b>Gambar 4. 16</b> Pola keterarahan <i>loudspeaker dodecahedron</i> 2.5” di luar ruangan .....	41
<b>Gambar 4. 17</b> Pola keterarahan <i>loudspeaker dodecahedron</i> 4” di luar ruangan .....	42
<b>Gambar 4. 18</b> Respon frekuensi <i>loudspeaker dodecahedron</i> 2.5” di luar ruangan.....	43
<b>Gambar 4. 19</b> Respon frekuensi <i>loudspeaker dodecahedron</i> 4” di luar ruangan .....	43
<b>Gambar 4. 20</b> Pola keterarahan <i>loudspeaker dodecahedron</i> 2.5” di dalam ruangan .....	45

<b>Gambar 4. 21</b> Batas deviasi maksimum <i>loudspeaker dodecahedron 2,5"</i> .....	46
<b>Gambar 4. 22</b> Pola keterarahan <i>loudspeaker dodecahedron 4"</i> di dalam ruangan .....	47
<b>Gambar 4. 23</b> Batas deviasi maksimum <i>loudspeaker dodecahedron 4"</i> .....	48
<b>Gambar 4. 24</b> Respon frekuensi <i>loudspeaker dodecahedron 2,5"</i> di dalam ruangan .....	49
<b>Gambar 4. 25</b> Respon frekuensi <i>loudspeaker dodecahedron 4"</i> di dalam ruangan .....	50
<b>Gambar 4. 26</b> Perbandingan respon frekuensi <i>loudspeaker dodecahedron 2,5"</i> dengan Vibratics Dodecahedron di ruang <i>anechoic</i> .....	55
<b>Gambar 4. 27</b> Perbandingan respon frekuensi <i>loudspeaker dodecahedron 4"</i> dengan Vibratics Dodecahedron di ruang <i>anechoic</i> .....	56
<b>Gambar 4. 28</b> Perbandingan respon frekuensi <i>loudspeaker dodecahedron 2,5"</i> dengan Vibratics Dodecahedron di luar ruangan .....	57
<b>Gambar 4. 29</b> Perbandingan respon frekuensi <i>loudspeaker dodecahedron 4"</i> dengan Vibratics Dodecahedron di luar ruangan .....	57
<b>Gambar 4. 30</b> Perbandingan keterarahan <i>loudspeaker dodecahedron 2,5"</i> dengan Vibratics Dodecahedron di ruang <i>anechoic</i> .....	58
<b>Gambar 4. 31</b> Perbandingan keterarahan <i>loudspeaker dodecahedron 4"</i> dengan Vibratics Dodecahedron di ruang <i>anechoic</i> .....	59
<b>Gambar 4. 32</b> Perbandingan keterarahan <i>loudspeaker dodecahedron 2,5"</i> dengan Vibratics Dodecahedron di luar ruangan .....	59
<b>Gambar 4. 33</b> Perbandingan keterarahan <i>loudspeaker dodecahedron 4"</i> dengan Vibratics Dodecahedron di luar ruangan .....	60
<b>Gambar 4. 34</b> Perbandingan respon frekuensi <i>loudspeaker dodecahedron 2,5"</i> dengan Nor276 di ruangan.....	61

**Gambar 4. 35** Perbandingan respon frekuensi *loudspeaker dodecahedron 4"* dengan *Nor276* di ruangan.....62

**Gambar 4. 36** Perbandingan keterarahan *loudspeaker dodecahedron 2,5"* dengan *Nor276* di ruangan.....63

**Gambar 4. 37** Perbandingan keterarahan *loudspeaker dodecahedron 4"* dengan *Nor276* di ruangan.....64

**Gambar 4. 38** Perbandingan respon frekuensi *loudspeaker dodecahedron 2,5"* dengan *OmniPower Sound Source Type 4292-L* di ruangan.....65

**Gambar 4. 39** Perbandingan respon frekuensi *loudspeaker dodecahedron 4"* dengan *OmniPower Sound Source Type 4292-L* di ruangan.....66

**Gambar 4. 40** Perbandingan keterarahan *loudspeaker dodecahedron 2,5"* dengan *OmniPower Sound Source Type 4292-L* di ruangan.....67

**Gambar 4. 41** Perbandingan keterarahan *loudspeaker dodecahedron 4"* dengan *OmniPower Sound Source Type 4292-L* di ruangan.....67

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3. 1</b> Spesifikasi <i>speaker</i> SBAcoustics 2.5” SB65WBAC25-4 .....	13
<b>Tabel 3. 2</b> Spesifikasi <i>speaker</i> SBAcoustics 4” SB12CACS25-8 .....	13
<b>Tabel 3. 3</b> Spesifikasi Kayu <i>Body Louspeaker Dodecahedron</i> ..	14
<b>Tabel 3. 4</b> Batas deviasi TTB pada tiap frekuensi menurut ISO 3382-1 .....	21
<b>Tabel 4. 1</b> Data Spesifikasi <i>Dodecahedron</i> 2,5 inchi .....	26
<b>Tabel 4. 2</b> Data Spesifikasi <i>Dodecahedron</i> 4 inchi .....	27
<b>Tabel 4. 3</b> Hasil pengukuran waktu dengung pada penelitian tugas akhir sebelumnya.....	51
<b>Tabel 4. 4</b> Hasil perhitungan waktu dengung pada penelitian tugas akhir sebelumnya.....	51
<b>Tabel 4. 5</b> Hasil pengukuran waktu dengung dengan <i>loudspeaker dodecahedron 2,5”</i> .....	53
<b>Tabel 4. 6</b> Hasil pengukuran waktu dengung dengan <i>loudspeaker dodecahedron 4”</i> .....	53
<b>Tabel 4. 7</b> Hasil pengukuran waktu dengung dengan <i>Vibrastics dodecahedron</i> .....	53
<b>Tabel 4. 8</b> Data Spesifikasi <i>Vibrastics Dodecahedron</i> .....	54
<b>Tabel 4. 9</b> Data Spesifikasi <i>Nor276</i> .....	61
<b>Tabel 4. 10</b> Data Spesifikasi <i>OmniPower Sound Source Type 4292-L</i> .....	64

*"Halaman ini memang dikosongkan"*



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Untuk mendapatkan hasil pengukuran akustik ruang yang akurat, diperlukan sebuah sumber suara omnidirectional. Sumber suara ini dihasilkan oleh loudspeaker yang biasanya berbentuk polihedral dimana tiap sisi terdapat loudspeaker sehingga dapat menghasilkan pola keterarahan suara yang spheris, seperti sumber suara berupa titik. Salah satu jenis loudspeaker berstandar internasional yang umum digunakan untuk pengukuran akustik ruang adalah loudspeaker dodecahedron yang memiliki dua belas sisi. Loudspeaker dodecahedron dipilih sebagai bentuk loudspeaker polyhedron terbaik karena perbandingan antara luas area bola dengan bentuk polyhedronnya paling besar, sehingga dapat dikatakan hampir berbentuk bola sempurna. Selain itu loudspeaker dodecahedron memiliki nilai eror terendah (terhadap *ka*) saat memproduksi suara *omnidirectional* pada area *far field* dan *free field* [1].

Penelitian loudspeaker dodecahedron berukuran mikro awalya dibuat di Jepang, tepatnya di Universitas Nagoya. Penelitian ini merancang sebuah loudspeaker dodecahedron mikro yang digunakan untuk pengukuran telinga manusia atau *Head-Related Transfer Functions* (HRTF) berdiameternya adalah 38 mm. Dalam penelitian ini, loudspeaker dibuat menggunakan piezoelektrik, polyurethane, dan silicon. Piezoelektrik dipilih karena dapat menghasilkan sumber suara hingga frekuensi yang sangat tinggi yaitu 100 kHz [2]. Penelitian selanjutnya, Umut Sayin, dkk, mengembangkan sebuah *omni-directional parametric loudspeaker* (OPL) sebagai kebutuhan untuk pengukuran akustik. Purwarupa OPL menggunakan 504 transduser ultrasonic sebagai pembangkit suara, dan ukuran OPL diameter 14 cm dan berat 14,5 kg. Hasilnya purwarupa OPL memiliki sifat *omnidirectivity* yang baik terutama pada frekuensi 500 Hz keatas. Namun kekurangannya adalah kesulitan dalam menghasilkan suara pada frekuensi rendah. Hal ini dapat diatasi dengan meningkat efisiensi

dan ukuran transdusernya. Akan tetapi jika ukuran transduser besar, sifat omnidirectivity loudspeaker akan menurun karena bentuk bolanya akan berubah [3]. Selain itu, penelitian tugas akhir sebelumnya juga berhasil merancang dan membangun *loudspeaker dodecahedron* menggunakan SBAcoustics Seri SB15NRXC30 dengan diameter 55 cm. *Loudspeaker* ini memiliki nilai *flat response* pada antara frekuensi 125 Hz sampai dengan 6300 Hz. Selain itu, pola keterarahan yang dihasilkan juga terdistribusi ke semua arah. Hanya saja, nilai tingkat tekanan bunyi yang dihasilkan masih dibawah 100 dB *white noise* [4].

Penelitian tugas akhir ini dilakukan untuk merancang *loudspeaker dodecahedron* mini untuk pengukuran akustik ruang. Selain mempermudah mobilitas karena ukurannya yang lebih kecil, *loudspeaker dodecahedron* dapat digunakan untuk kebutuhan sumber suara omnidirectional.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan masalah dari penulisan tugas akhir ini adalah :

- a. Bagaimanakah unjuk kerja *loudspeaker dodecahedron* mini yang dibuat?
- b. Apakah *loudspeaker dodecahedron* mini sudah sesuai dengan standarisasi yang ada?

## 1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Untuk mengetahui unjuk kerja *loudspeaker dodecahedron* yang dibuat.
- b. Untuk menganalisis karakteristik *loudspeaker dodecahedron* mini berdasarkan standarisasi *loudspeaker dodecahedron* yang ada.

## 1.4 Batasan Masalah

Untuk menghindari pembahasan topik di luar tugas akhir ini, terdapat beberapa batasan masalah diantaranya :

- a. Ruang lingkup pengujian hanya dilakukan pada *loudspeaker dodecahedron*, untuk amplifier dan perangkat pendukung lainnya tidak diuji.
- b. *Speaker driver* yang dipilih adalah *speaker full range* yang berukuran 2,5 inch dan 4 inch.
- c. Kayu untuk bagian badan (*body*) *speaker* harus mampu menahan atau meredam getaran yang dihasilkan oleh *speaker*.
- d. Standar ketercapaian untuk unjuk kerja *dodecahedron* harus sesuai dengan standarisasi ISO 3745 dan 3382-1.
- e. Penelitian dilakukan secara simulasi dengan bantuan perangkat lunak Comsol Multiphysics 5.3.

### 1.5 Sistematika Laporan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir adalah sebagai berikut:

- a. **BAB I PENDAHULUAN**  
Pada bab I ini terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan sistematika laporan.
- b. **BAB II TEORI PENUNJANG**  
Pada bab II ini dibahas mengenai teori-teori yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan, seperti teori mengenai *loudspeaker dodecahedron*, parameter-parameter akustik ruang, karakteristik *loudspeaker omnidirectional* dan sebagainya.
- c. **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**  
Pada bab III ini berisi mengenai rancangan dari penelitian yang dilakukan, metode dan langkah-langkah dalam penelitian.
- d. **BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN**  
Pada bab IV ini berisi tentang data hasil penelitian dari simulasi satu driver an *loudspeaker*, serta analisis data pengukuran yang didapatkan dari purwarupa *loudspeaker dodecahedron* yang telah dirancang dan dibuat. Hasil pengolahan data pengukuran ini juga disesuaikan dengan standarisasi yang ada.
- e. **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

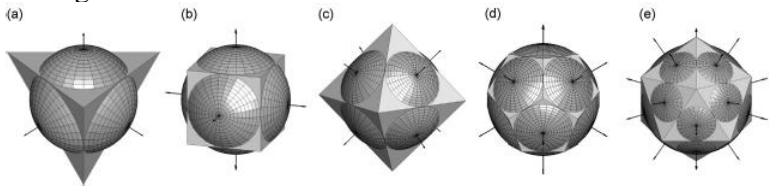
Pada bab V ini diberikan kesimpulan tentang tugas akhir yang telah dilakukan berdasarkan data-data yang diperoleh, serta diberikan saran sebagai penunjang maupun pengembangan tugas akhir selanjutnya.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 *Loudspeaker Dodecahedron*

Dalam pengukuran akustik ruangan diperlukan sumber suara omnidirectional yang berasal dari loudspeaker. Karena keterarahan gelombang suaranya yang merata, maka dapat dianggap pula sebagai sumber suara titik. *Loudspeaker* dodecahedron umum dipakai dalam pengukuran akustik ruang. Penelitian sebelum-sebelumnya telah merakit sebuah *loudspeaker* dodecahedron ukuran mikro, dimana loudspeaker tersebut menggunakan perangkat piezoelektrik yang menghasilkan deformasi mekanik dengan adanya perbedaan potensial. Deformasi mekanik ini pun akan menghasilkan gelombang suara [2]. *Loudspeaker* dodecahedron sendiri termasuk ke dalam jenis loudspeaker polyhedron. Loudspeaker polyhedron dibentuk oleh beberapa bidang datar yang mempunyai ukuran dan sudut yang sama. Beberapa jenis lain dari loudspeaker polyhedron adalah tetrahedron, hexahedron, octahedron, dodecahedron, dan icosahedron [5]. Perbedaan loudspeaker polyhedron tersebut dapat dilihat dari gambar berikut.



**Gambar 2.1** Jenis *loudspeaker* polihedron : (a) *tetrahedron*, (b) *hexahedron*, (c) *octahedron*, (d) *dodecahedron*, (e) *icosahedron* [1]

Gambar tersebut menunjukkan bentuk polyhedron dan pusat bolanya. Nilai perbandingan antara luas area bola dengan bentuk polyhedronnya adalah 84.4%, 87.9%, 73.1%, 89.5%, dan 65.8%, untuk tetrahedron, hexahedron, octahedron, dodecahedron, dan icosahedron. Sehingga dapat dikatakan loudspeaker dodecahedron memiliki bola yang hampir sempurna yang dapat menghasilkan

tingkat tekanan bunyi yang besar. Selain itu karena keterarahan gelombang suaranya yang merata, loudspeaker dodecahedron memiliki nilai eror terendah (terhadap  $ka$ ) saat memproduksi suara *omnidirectional* pada area *far field* dan *free field* [1]. Ini berarti loudspeaker dodecahedron sangat cocok sebagai sumber suara pengukuran akustik ruang

## 2.2 Parameter Gelombang Suara

Suara adalah gelombang mekanik yang memerlukan medium untuk merambat. Suara juga dapat dikatakan sebagai eksitasi yang terjadi pada telinga kita sehingga kita dapat mendengar. Pengertian itu menjelaskan gelombang suara pada audio dan musik. Terdapat beberapa besaran yang berhubungan dengan gelombang suara, umumnya adalah tingkat tekanan bunyi ( $L_p$ ), tingkat intensitas bunyi ( $L_i$ ), tingkat daya bunyi ( $L_w$ ), dan sebagainya. Berikut adalah rumus besaran-besaran tersebut.

$$L_p = 10 \log \frac{P^2}{P_{ref}^2}$$

Persamaan ini menjelaskan tingkat tekanan bunyi, dimana  $L_p$  adalah tingkat tekanan bunyi dengan satuan decibel,  $P$  adalah tekanan bunyi dengan satuan Pascal, dan  $P_{ref}$  atau tekanan bunyi referensi dengan nilai  $2 \times 10^{-5}$  Pascal.

$$L_i = 10 \log \frac{I}{I_{ref}}$$

Persamaan ini menjelaskan tingkat intensitas bunyi, dimana  $L_i$  adalah tingkat intensitas bunyi dengan satuan  $\text{watts/m}^2$ ,  $I$  adalah intensitas bunyi dengan satuan  $\text{watts/m}^2$ , dan  $I_{ref}$  atau intensitas bunyi referensi dengan nilai  $10^{-12}$   $\text{watts/m}^2$ .

$$L_w = 10 \log \frac{W}{W_{ref}}$$

Persamaan ini menjelaskan tingkat daya bunyi, dimana  $L_w$  adalah tingkat daya bunyi dengan satuan desibel,  $W$  adalah daya bunyi dengan satuan watts, dan  $W_{ref}$  atau daya bunyi referensi dengan nilai  $10^{-12}$  watts [6].

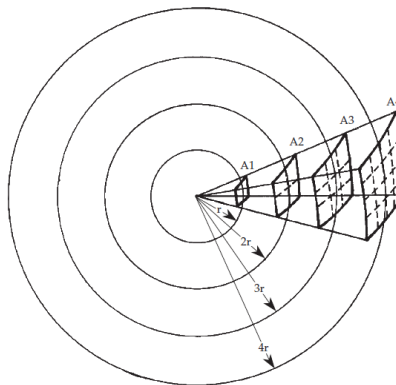
### 2.3 Gelombang Sferis

Dalam banyak situasi, sumber suara berukuran kecil, sehingga dapat dikatakan suara tersebut menyebar ke segala arah secara merata. Gelombang suara tersebut tidak berbentuk gelombang planar, melainkan berbentuk sferis. Gelombang sferis juga terjadi jika sumber suara berada di medan suara bebas (free field). Berikut Persamaan tingkat intensitas suara untuk gelombang suara sferis.

$$I = \frac{P^2}{\rho \times c} = \frac{W}{4 \times \pi \times r^2}$$

Dimana P adalah tekanan bunyi,  $\rho$  adalah massa jenis udara, c adalah kecepatan rambat suara, W adalah kekuatan suara, dan r adalah jarak terhadap sumber [7].

Kekuatan suara akan menyebar ke segala arah dan area penyebarannya akan semakin besar jika semakin jauh dari sumber. Sehingga intensitas suara akan menurun setiap  $r^2$ . Hal ini disebut hukum kuadrat terbalik [6]. Berikut adalah ilustrasinya.

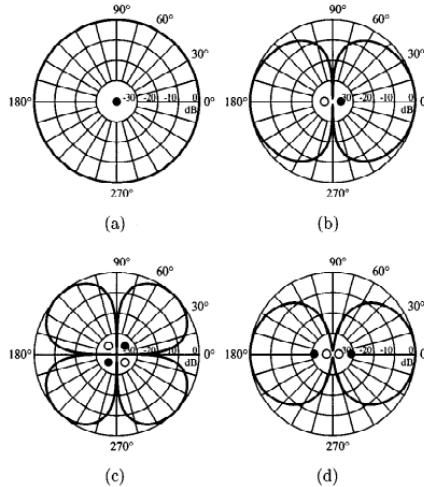


**Gambar 2.2** Ilustrasi hukum kuadrat terbalik

### 2.4 Keterarahan Suara

Tidak semua sumber suara memiliki bentuk gelombang sferis. Banyak gelombang suara yang memiliki pola keterarahan yang acak atau mungkin hanya pada arah tertentu saja. Keterarahan suara ditentukan oleh tingkat tekanan bunyi pada jarak dari sumber

suara dengan sudut angular tertentu. Pada penelitian ini, loudspeaker diharapkan memiliki pola keterarahan yang merata atau bersifat monopol. Monopol sendiri adalah sumber suara yang menyebarkan suara ke segala arah dengan nilai yang sama. Sumber suara apapun yang dimensinya lebih kecil dibandingkan gelombang suara yang dihasilkan akan bersifat monopol [8].



**Gambar 2.3** Pola keterarahan suara pada medan suara bebas (a) monopol, (b) dipol, (c) lateral quadrupol, (d) longitudinal quadrupol

## 2.5 Anechoic Chamber

*Anechoic chamber* merupakan ruang bebas pantulan gelombang frekuensi radio dan gelombang suara [9]. Salah satu *anechoic chamber* yang ada di Indonesia adalah *anechoic chamber* “Adhiwijogo” milik ITB. Ruang yang sudah bersertifikasi nasional ini memiliki dimensi 9,63 m x 7,65 m x 4,57 m ini dikelilingi dengan lapisan yang disebut *wedges*. Lapisan *wedges* ini berbentuk piramida yang berfungsi untuk mencegah pantulan suara dari dalam ruangan, serta menghindari gangguan suara dari luar ruangan. Ruang *anechoic chamber* “Adhiwojogo” ini memiliki nilai latar bising ( $L_{Aeq}$ ) sebesar 10,4 dB(A) dan 21,4 dB(A) apabila menggunakan jendela. Nilai *cut-off frequency*



terendah berada pada frekuensi 100 Hz. Ruang *anechoic chamber* "Adhiwojogo" ini digunakan pada penelitian ini untuk melakukan pengukuran akustik berdasarkan ISO 3745. Ruang *anechoic chamber* "Adhiwijogo" ITB ditunjukkan pada gambar 2.5 [10].



**Gambar 2.4** Ruang *anechoic chamber* di Laboratorium "Adhiwijogo" ITB

## 2.6 Waktu Dengung

*Reverberation time* atau waktu dengung adalah salah satu faktor penting pada akustik ruang. Waktu dengung sendiri didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan energi suara untuk meluruh hingga sebesar 60 dB dari nilai awalnya dari saat sumber suara dimatikan [11]. Seiring perkembangan, waktu dengung tidak hanya didasarkan oleh peluruhan sebesar 60 dB saja, tetapi juga pengaruh suara langsung dan pantulan awal, atau peluruhan kurang dari 60 dB, seperti 15 dB (RT15), 20 dB (RT20), atau 30 dB (RT30). Nilai dari waktu dengung sangat mempengaruhi parameter akustik lainnya, untuk itu waktu dengung harus diukur paling awal [12]. Tiap fungsi ruangan yang berbeda, memiliki nilai waktu dengung optimum yang berbeda pula. Semakin tinggi nilainya, maka ruangan akan semakin 'hidup' karena pantulan suaranya yang panjang, dimana cocok untuk fungsi ruang musik. Sedangkan semakin kecil nilainya, maka ruangan akan terasa 'mati' dan senyap, dan cocok untuk fungsi ruang *speech*. Pengukuran waktu

dengung sendiri ada berbagai macam metode, yaitu metode *interrupted noise method* atau menghitung peluruhan energi suara setelah mematikan sumber bising, atau metode menghitung rata-rata peluruhan dari respon impuls ruangan, dan berbagai metode lainnya [11].

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Rancang Bangun *Loudspeaker Dodecahedron*

Sebelum dilakukan perancangan dan perakitan *loudspeaker dodecahedron* perlu dilakukan studi literature. Studi literature dilakukan untuk menentukan target yang akan dicapai dan jenis *driver speaker* dan material yang akan digunakan. Setelah itu *loudspeaker dodecahedron* dapat mulai dirancang, yaitu membuat desain serta ukurannya.

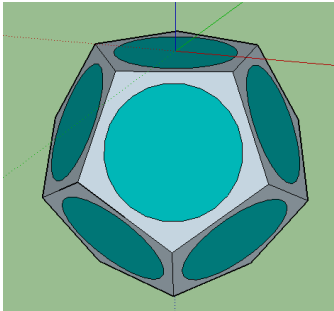
#### 3.1.1 Rancang Bangun yang Dibuat

Setelah melihat kedua spesifikasi *loudspeaker dodecahedron* yang sudah ada, berikut adalah desain rancang bangun kedua *loudspeaker dodecahedron* yang dibuat :

A. *Loudspeaker dodecahedron 2.5"* SB65WBAC25-4

- a. Panjang sisi segi lima = 9 cm
- b. Diameter *speaker* = 6.4 cm
- c. Sudut pentagon/segi = 108 derajat
- d. Tinggi stand = 150 cm
- e. Diameter bola *dodecahedron* = 25 cm

Ilustrasi bentuk 3D *loudspeaker dodecahedron* dapat dilihat pada gambar berikut :



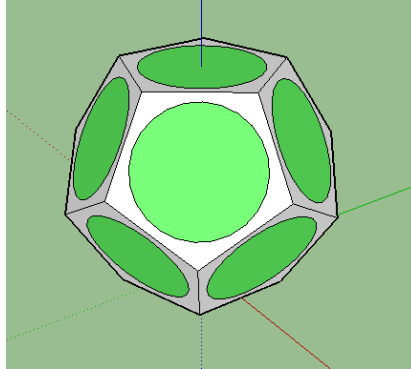
**Gambar 3. 1** Rancang bangun *loudspeaker dodecahedron 2,5 "* pada perangkat lunak *Sketchup*

B. *Loudspeaker dodecahedron 4"* SB12CACS25-8

- a. Panjang sisi segi lima = 21 cm
- b. Diameter *speaker* = 12.3 cm

- c. Sudut pentagon/segi = 108 derajat
- d. Tinggi stand = 150 cm
- e. Diameter bola *dodecahedron* = 40 cm

Ilustrasi bentuk 3D *loudspeaker dodecahedron* dapat dilihat pada gambar berikut :



**Gambar 3. 2** Rancang bangun *loudspeaker dodecahedron* 4” pada perangkat lunak *Sketchup*

### 3.1.2 Desain Target Spesifikasi yang Hendak Dicapai

Penelitian tugas akhir ini bertujuan untuk merancang *loudspeaker dodecahedron* yang memiliki unjuk kerja baik dan sesuai dengan standarisasi yang ada. Target dari penelitian rancang bangun dua *loudspeaker dodecahedron* ini adalah keduanya mampu menghasilkan pola keterarahan omnidirectional dari frekuensi 63 Hz sampai 4000 Hz. Selain itu kedua *loudspeaker dodecahedron* memiliki nilai *flat response* pada frekuensi 500 Hz hingga 8000 Hz. Daya yang dicapai diharapkan dapat mencapai 90 dB sampai 100 dB.

### 3.1.3 Data Spesifikasi Driver

*Loudspeaker* yang digunakan sebagai *driver loudspeaker dodecahedron* adalah jenis SBAcoustics seri 2.5” SB65WBAC25-4 dan SBAcoustics seri 4” SB12CACS25-8. Spesifikasi speaker diambil berdasarkan informasi yang diperoleh dari *website* resmi perusahaan SBAcoustics. Data spesifikasi *driver* ditunjukkan pada tabel berikut.

**Tabel 3. 1** Spesifikasi *speaker* SBAcoustics 2.5” SB65WBAC25-4

Besaran	Besaran	Data	Satuan SI
Z	Impedansi	4 ohm	4 ohm
R <sub>e</sub>	Resistansi DC	3.6 ohm	3.6 ohm
L <sub>e</sub>	Induktansi coil	0.15 mH	0.15 mH
Q <sub>es</sub>	Q-faktor elektik	0.77	0.77
Q <sub>ts</sub>	Total Q-faktor	0.68	0.68
Rms	<i>Mechanical Loss</i>	0.3 kg/s	0.3 kg/s
BI	Faktor gaya	2.9 Tm	2.9 Tm
Cms	<i>Compliance</i>	0.77 mm/N	0.77 mm/N
Fs	Resonansi udara bebas	115 Hz	115 Hz
TTB <sub>se</sub>	Sensitivitas (2.83 V/ 1m)	83.5 dB	83.5 dB
V	<i>Rating power handling</i>	20 W	20 W
m	Massa <i>speaker</i>	0.14 kg	0.14 kg

**Tabel 3. 2** Spesifikasi *speaker* SBAcoustics 4” SB12CACS25-8

Besaran	Besaran	Data	Satuan SI
Z	Impedansi	8 ohm	8 ohm
R <sub>e</sub>	Resistansi DC	6.4 ohm	6.4 ohm
L <sub>e</sub>	Induktansi coil	0.34 mH	0.34 mH
Q <sub>es</sub>	Q-faktor elektik	0.4	0.4
Q <sub>ts</sub>	Total Q-faktor	0.37	0.37
Rms	<i>Mechanical Loss</i>	0.35 kg/s	0.35 kg/s
BI	Faktor gaya	5.2 Tm	5.2 Tm
Cms	<i>Compliance</i>	1.84 mm/N	1.84 mm/N
Fs	Resonansi udara bebas	51 Hz	51 Hz

TTB <sub>se</sub>	Sensitivitas (2.83 V/ 1m)	85.5 dB	85.5 dB
V	<i>Rating power handling</i>	30 W	30 W
m	Massa <i>speaker</i>	0.92 kg	0.92 kg

### 3.1.4 Data Spesifikasi Kerangka *Loudspeaker Dodecahedron*

Pada tiap sisi *loudspeaker dodecahedron* dipasang satu buah driver speaker. Ketika *loudspeaker* dinyalakan, akan terjadi getaran dikarenakan 12 buah driver speaker tersebut menyala secara bersamaan. Karena itu kerangka *loudspeaker* harus dapat meredam getaran tersebut. Kayu MDF dipilih sebagai kerangka *loudspeaker* untuk mengatasi getaran yang terjadi. Untuk *loudspeaker dodecahedron* 2,5” menggunakan kayu MDF dengan tebal 9 mm, sedangkan *loudspeaker dodecahedron* 4” menggunakan kayu MDF dengan tebal 12 mm. Berikut adalah spesifikasi kayu MDF yang digunakan.

**Tabel 3. 3** Spesifikasi Kayu *Body Louspeaker Dodecahedron*

Besaran	Besaran	Data	Satuan SI
T	Tebal kayu	12 mm	0,021 m
$\rho$	Massa jenis	730 kg/m <sup>3</sup>	730 kg/m <sup>3</sup>
$\rho_c$	Massa jenis pada <i>core</i>	80 %	80 %
	Tinggi	5.75 m	5.75 m
MOR	<i>Modulus of Rupture</i>	20 N/mm <sup>2</sup>	20.10 <sup>6</sup> N/m <sup>2</sup>
E	<i>Modulus of Elasticity</i>	2200 N/mm <sup>2</sup>	22.10 <sup>8</sup> N/m <sup>2</sup>

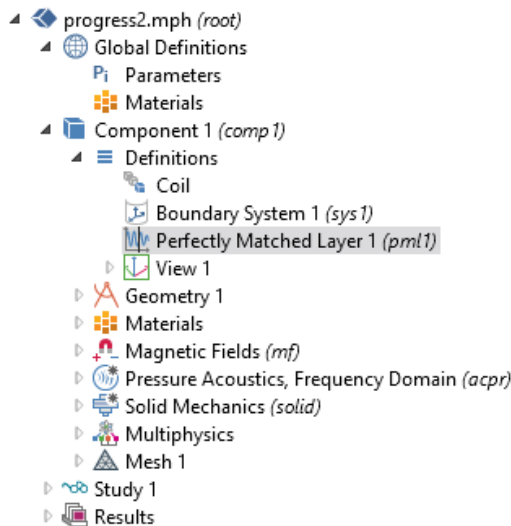
## 3.2 Pengukuran *Speaker Driver Tunggal*

### 3.2.1 Simulasi

Untuk mengetahui karakteristik dan unjuk kerja *speaker driver* yang digunakan, maka diperlukan simulasi menggunakan perangkat lunak *Comsol Multiphysics 5.3*. Karakteristik *driver*

*speaker* yang dilihat berupa sensitivitas, pola keterarahan, dan tingkat tekanan bunyi.

Simulasi driver dilakukan dengan perangkat lunak *Comsol Multiphysics 5.3*. Pertama model *driver speaker* SBAcoustics 2.5" SB65WBAC25-4 dibuat. Kemudian ditentukan parameter, hukum fisika yang digunakan, spesifikasi, dan geometrinya. Simulasi yang sama juga dilakukan untuk *driver speaker* SBAcoustics 4" SB12CAC25-8. Berikut adalah pengaturan yang digunakan saat melakukan simulasi.



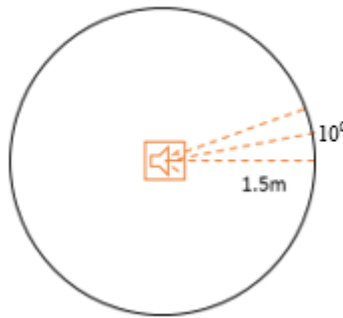
**Gambar 3. 3** Pengaturan properti simulasi pada *Comsol Multiphysics 5.3*

### 3.2.2 Eksperimen

Eksperimen yang dilakukan berupa pengukuran keterarahan satu *driver speaker*. Eksperimen dilakukan pada malam hari untuk meminimalisir suara yang tidak diinginkan atau *noise*. Pengukuran dilakukan di luar ruangan yaitu di parkir Teknik Industri ITS. Berikut adalah prosedur pengukuran keterarahan :

- 1) Alat yang digunakan dikalibrasi terlebih dahulu.
- 2) Jarak far field ditentukan sebesar 150 cm.

- 3) Tinggi mikrofon disesuaikan dengan tinggi *speaker driver* SB Acoustics, yaitu 100 cm.
- 4) Sinyal suara yang digunakan adalah tiap frekuensi dari 63 Hz hingga 16000 Hz di tiap 1/3 oktaf.
- 5) Data pengukuran diambil setiap  $10^0$  mulai dari sudut  $0^0$  sampai dengan  $360^0$  di area *far field* arseperti pada gambar dibawah.



**Gambar 3. 4** Set up alat untuk pengukuran keterarahan *driver speaker*

### 3.3 Pengukuran Karakteristik *Loudspeaker Dodecahedron*

Pengukuran karakteristik ini dilakukan untuk melihat unjuk kerja sekaligus kelayakan *loudspeaker dodecahedron* yang telah dibuat. Uji karakteristik ini dilakukan dengan mengacu beberapa standarisasi internasional yang ada, diantaranya ISO 3745 dan ISO 3382-1. Pengujian ini dilakukan untuk melihat karakteristik *loudspeaker dodecahedron*, dengan cara pengamatan hasil uji frekuensi respon, pola keterarahan, nilai maksimal tingkat tekanan bunyi dengan sinyal *pink noise*.

#### 3.3.1 Pengukuran di *Anechoic Chamber*

Pengukuran unjuk kerja dan karakteristik *loudspeaker dodecahedron* dilakukan di *anechoic chamber* "Adhiwijogo" ITB. Pengukuran ini mengacu pada standar ISO 3745. Karakteristik yang akan diukur adalah keterarahan, respon frekuensi, dan tingkat tekanan bunyi maksimum yang dihasilkan. Metode pengukuran sesuai dengan ISO 3745, yaitu :

- 1) Semua alat ukur yang dikalibrasi terlebih dahulu.



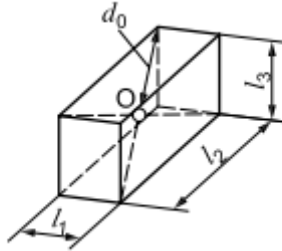
- 2) Nilai kondisi ruangan seperti kelembapan, suhu, dan tekanan statis diukur, dan didapat nilai berikut.

Kelembapan udara = 65,8 %

Suhu udara = 23,6 °C

Tekanan statik = 101325 Pa

- 3) Dimensi ruangan diukur sesuai gambar berikut.



**Gambar 3. 5** Skema titik pengukuran tingkat tekanan bunyi di *anechoic room*

Setelah itu nilai karakteristik dimensi sumber suara ( $d_0$ ) ditentukan dengan rumus dibawah ini.

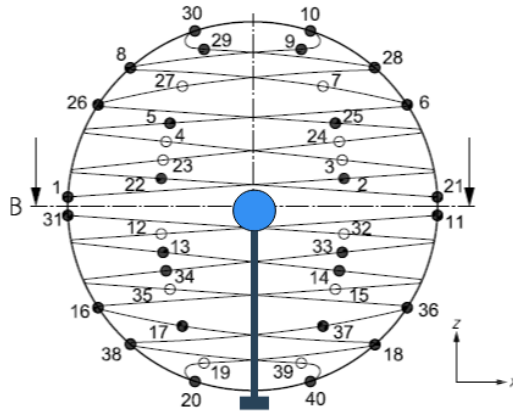
$$d_0 = \sqrt{\left(\frac{l_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{l_2}{2}\right)^2 + \left(\frac{l_3}{2}\right)^2}$$

- 4) Nilai  $r$  ditentukan dengan melihat 3 peraturan pada standarisasi ISO 3745 sebagai berikut :

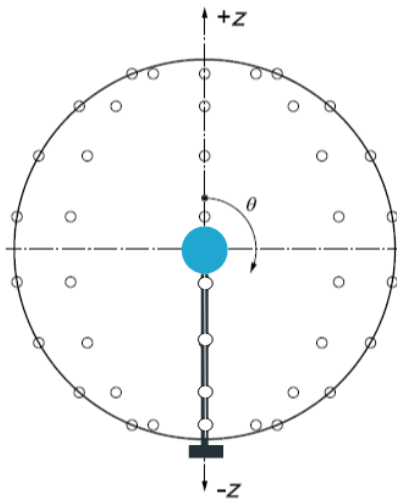
- Nilai  $r \geq 2d_0$  hasil yang didapat  $2d_0$  adalah 1,29 m
- Nilai  $r \geq \lambda/4$  hasil yang didapat  $\lambda/4$  adalah 1,39 m
- Nilai  $r \geq 1 \text{ m}$

Maka ditentukan bahwa nilai  $r = 1,5 \text{ m}$ .

- 5) Skema pengukuran pertama dilakukan untuk mengetahui nilai tingkat tekanan bunyi *loudspeaker dodecahedron* menggunakan 40 titik pengukuran seperti gambar dibawah. Titik pengukuran sudah disediakan ISO 3745 (dapat dilihat pada lampiran).

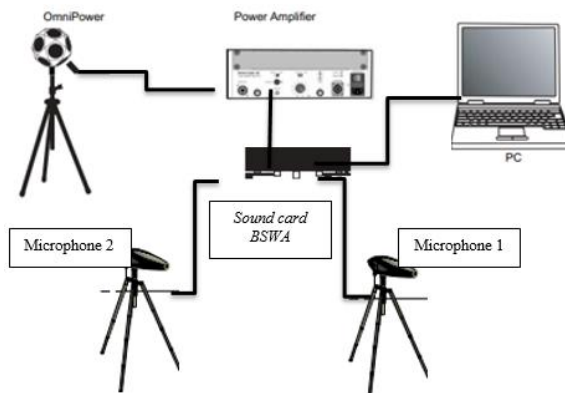


6) Skema pengukuran kedua dilakukan untuk mengetahui pola keterarahan *loudspeaker dodecahedron* menggunakan 64 titik pengukuran. Jarak antar sudut yang digunakan saat pengukuran adalah  $45^\circ$ . Jarak antara titik ke *loudspeaker dodecahedron* adalah 1,5 meter sesuai dengan ISO 3745. Skema pengukuran dapat dilihat pada gambar dibawah.



**Gambar 3. 7** Skema keterarahan di *anechoic room*

- 7) Pada pengukuran ini digunakan pita frekuensi 1/3 oktaf, dan juga sumber *pink noise*. Pengukuran dilakukan selama 30 detik.
- 8) Pengaturan alat yang digunakan untuk pengukuran seperti berikut.

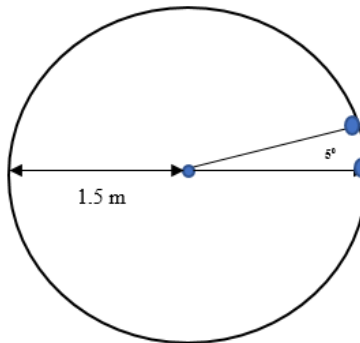


**Gambar 3. 8** Pengaturan alat pengukuran karakteristik ISO 3745 di ruang *anechoic*

### 3.3.2 Pengukuran di Luar Ruangan

Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik *loudspeaker dodecahedron* sebagai sumber suara *omnidirectional* di luar ruangan. Pengukuran ini dilakukan di parkir Teknik Industri ITS dengan prosedur sebagai berikut:

- 1) Alat yang digunakan dikalibrasi terlebih dahulu.
- 2) Pengukuran dilakukan di area far field yaitu sebesar 150 cm.
- 3) Sinyal *pink noise* digunakan sebagai sumber sinyal suara.
- 4) Tinggi mikrofon menyesuaikan dengan tinggi telinga manusia yaitu 120 cm atau 1,2 meter.
- 5) *Set up* alat pengukuran di luar ruangan Data pengukuran diambil sebanyak 72 titik, yaitu setiap  $5^0$  mulai dari sudut  $0^0$  sampai dengan  $360^0$  seperti pada gambar dibawah.



**Gambar 3. 9** *Set up* posisi mikrofon untuk pengukuran di luar ruangan

### 3.3.3 Pengukuran di Dalam Ruangan

Pengukuran unjuk kerja kedua ini dilakukan di dalam ruangan yang sesuai dengan ketentuan ISO 3382-1. Tujuan pengukuran di dalam ruang ini adalah melihat unjuk kerja dan kelayakan *loudspeaker dodecahedron* untuk pengukuran parameter akustik ruang. Berikut adalah batas deviasi maksimum tingkat tekanan bunyi pada tiap frekuensi :

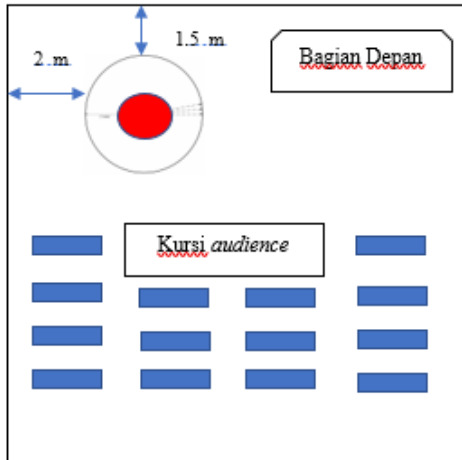
**Tabel 3. 4** Batas deviasi TTB pada tiap frekuensi menurut ISO 3382-1

Frekuensi, (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Deviasi, (dB)	±1	±1	±1	±3	±5	±6

Tabel diatas menunjukkan batas deviasi maksimum untuk mengetahui apakah *loudspeaker* layak disebut sebagai sumber *omnidirectional*.

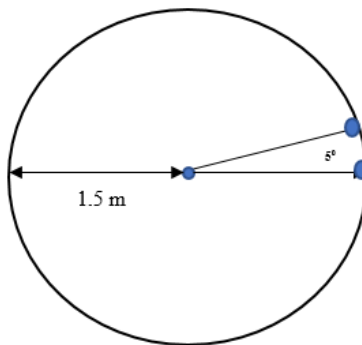
Tabel 3.5 menunjukkan daftar deviasi maksimum yang dapat diterima dari *speaker omnidirectional*. Pengukuran yang dianjurkan dari ISO 3382-1 adalah menggunakan metode *Stepwise Rotation*, yaitu pengukuran menggunakan *turntable* (mikrofon yang mampu berputar secara otomatis). Namun karena keterbatasan alat, maka pengukuran dilakukan menggunakan metode lain yaitu mengambil data di tiap 5° dari sudut 0 hingga 355° [13]. Prosedur pengukuran karakteristik keterarahan *dodecahedron* sesuai dengan ISO 3382-1 sebagai berikut :

- 1) Alat yang digunakan dikalibrasi terlebih dahulu.
- 2) Tinggi mikrofon menyesuaikan dengan tinggi telinga manusia, yaitu kurang lebih 120 cm (1,2 m).
- 3) Pengukuran dilakukan dengan merekam data selama 30 detik dengan sinyal *pink noise*.
- 4) Pengukuran dilakukan dengan posisi seperti pada gambar berikut :



**Gambar 3. 10** *Set up* alat pengukuran karakteristik berdasarkan ISO 3382-1

- 5) Data pengukuran diambil sebanyak 72 titik, yaitu setiap  $5^\circ$  mulai dari sudut  $0^\circ$  sampai dengan  $360^\circ$  seperti pada gambar dibawah.



**Gambar 3. 11** *Set up* posisi mikrofon untuk pengukuran di dalam ruangan

- 6) Data yang didapat kemudian diolah dan dihitung standar deviasinya menggunakan rumus berikut.

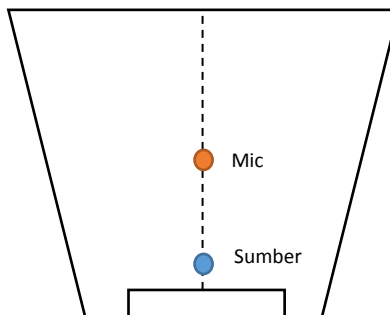
$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Dimana  $X_i$  adalah tingkat tekanan bunyi yang terukur pada titik yang diukur,  $\bar{X}$  adalah rata-rata dari semua tingkat tekanan bunyi yang diukur pada frekuensi tertentu, dan  $n$  adalah banyaknya titik pengukuran yaitu sebanyak 72 titik. Kemudian standar deviasi tersebut dibandingkan dengan batas deviasi maksimum yang ada di tabel 3.4.

### 3.3.4 Pengukuran Waktu Dengung

Pengukuran waktu dengung dilakukan di Teater A ITS. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui apakah ada perbedaan dari hasil pengukuran waktu dengung menggunakan sumber suara *pink noise* dari *loudspeaker dodecahedron* 2,5" dan 4", juga *loudspeaker dodecahedron* hasil penelitian tugas akhir sebelumnya yaitu *Vibrastics dodecahedron*. Berikut adalah prosedur pengukuran waktu dengung :

- 1) Alat yang digunakan dikalibrasi terlebih dahulu.
- 2) Tinggi mikrofon menyesuaikan dengan tinggi telinga manusia, yaitu kurang lebih 120 cm (1,2 m).
- 3) Pengukuran dilakukan dengan merekam data selama 30 detik dengan sinyal *pink noise*.
- 4) Pengukuran dilakukan dengan posisi seperti pada gambar berikut :



**Gambar 3. 12** Set up posisi mikrofon untuk pengukuran waktu dengung

- 5) Data pengukuran diambil sebanyak 3 kali untuk tiap *loudspeaker dodecahedron*.
- 6) Data yang didapat kemudian diolah.

### **3.4 Perbandingan Unjuk Kerja *Loudspeaker Dodecahedron***

Langkah terakhir dari penelitian ini adalah membandingkan unjuk kerja *loudspeaker dodecahedron* dengan beberapa produk yang telah ada di pasaran. Tujuan perbandingan ini adalah membandingkan sekaligus melihat daya saing unjuk kerja *loudspeaker loudspeaker dodecahedron* hasil rancang bangun dengan hasil pabrikan. Unjuk kerja *loudspeaker dodecahedron* hasil rancang bangun akan dibandingkan dengan produk dari *B&K, Norsonic*. Selain itu kedua *loudspeaker dodecahedron* juga dibandingkan dengan *loudspeaker dodecahedron* hasil penelitian tugas akhir sebelumnya. Karakteristik yang akan dibandingkan adalah hasil respon frekuensi dan juga pola keterarahan tiap *loudspeaker dodecahedron*.



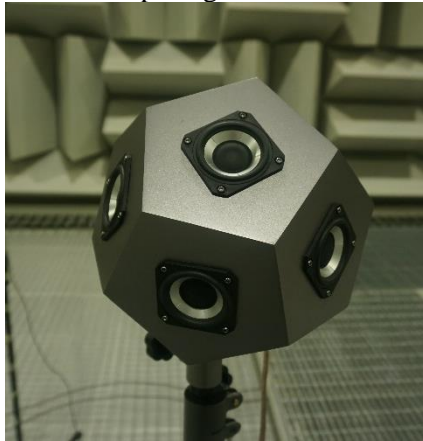
## **BAB IV**

### **HASIL SIMULASI DAN PENGUKURAN**

#### **4.1 Hasil Rancang Bangun *Loudspeaker Dodecahedron***

##### **4.1.1 Purwarupa Vibrastis *Dodecahedron***

Hasil dari rancang bangun kedua *loudspeaker dodecahedron* terlihat pada gambar dibawah.



**Gambar 4. 1** Purwarupa *Loudspeaker dodecahedron 2,5''*



**Gambar 4. 2** Purwarupa *Loudspeaker dodecahedron 4''*

*Loudspeaker dodecahedron 2,5"* menggunakan 12 *driver speaker* merek dagang SB Acoustics seri SB65WBAC25-4 berukuran 2,5 inch, sedangkan *loudspeaker dodecahedron 4"* menggunakan 12 *driver speaker* merek dagang SB Acoustics seri SB12CACS 25-8 berukuran 4 inch. *Body loudspeaker* keduanya dibuat dari kayu MDF, dimana *loudspeaker dodecahedron 2,5"* memiliki tebal *body* 9 mm, sedangkan *loudspeaker dodecahedron 4"* mempunyai tebal *body* 12 mm. semua alat dan bahan yang digunakan dibeli dan dapat ditemukan di pasaran dalam negeri.

Berdasarkan beberapa data dan hasil pengukuran yang diperoleh, spesifikasi *loudspeaker dodecahedron* ditunjukkan pada tabel berikut :

**Tabel 4. 1** Data Spesifikasi *Dodecahedron 2,5 inch*

Standar	ISO 3745, dan ISO 3382-1
Nilai Impedansi	5,5 Ohm
Tingkat Tekanan Bunyi	81,98 dB di <i>anechoic chamber</i> dengan <i>pink noise</i> , dan 95,22 dB di ruangan dengan <i>pink noise</i>
Konektor	Stringer Pro Series 12 (3m)
Unit <i>Loudspeaker</i>	SBAcoustics Seri SB65WBAC, 2,5 Inch, 4 Ohm
Diameter	28 cm
Berat	$\pm 4,7$ kg

**Tabel 4. 2** Data Spesifikasi *Dodecahedron* 4 inchi

Standar	ISO 3745, dan ISO 3382-1
Nilai Impedansi	6 Ohm
Tingkat Tekanan Bunyi	87,4 dB di <i>anechoic chamber</i> dengan <i>pink noise</i> , 97,72 dB di ruangan dengan <i>pink noise</i>
Konektor	Stringer Pro Series 12 (3m)
Unit <i>Loudspeaker</i>	SBAcoustics Seri SB12CACS, 4 Inch, 8 Ohm
Diameter	40 cm
Berat	$\pm 15$ kg

Kedua *loudspeaker dodecahedron* disimpan dalam kotak box dengan dimensi panjang 50 cm, lebar 50 cm, dan tinggi 50 cm untuk *loudspeaker dodecahedron* 4 inchi, dan kotak box dengan dimensi panjang 30 cm, lebar 30 cm, dan tinggi 30 cm untuk *loudspeaker dodecahedron* 2,5 inchi. Kotak penyimpanan dilengkapi dengan roda di bagian bawah untuk memudahkan mobilisasi kotak tersebut. Kedua kotak penyimpanan dibuat dengan bahan utama kayu, dan di bagian tepinya dilapisi alumunium untuk memperkuat. Sedangkan bagian utamanya dilapisi busa telur untuk menjaga keamanan *loudspeaker dodecahedron* dari benturan-benturan ketika dipindahkan dengan kotak penyimpanannya.

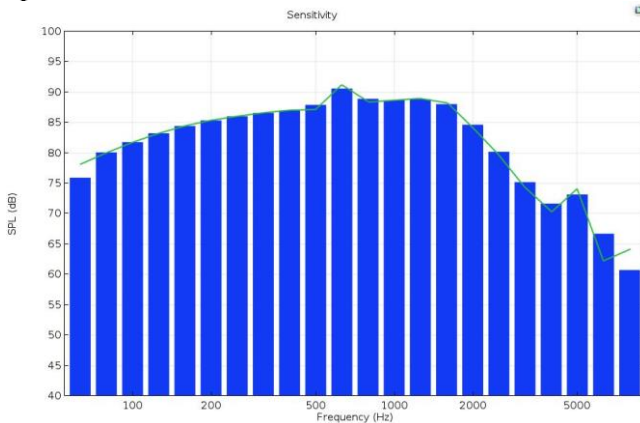


**Gambar 4. 3** Purwarupa kotak *box* penyimpanan Vibrastics *dodecahedron*

## 4.2 Hasil Pengukuran *Speaker Driver Tunggal*

### 4.2.1 Simulasi

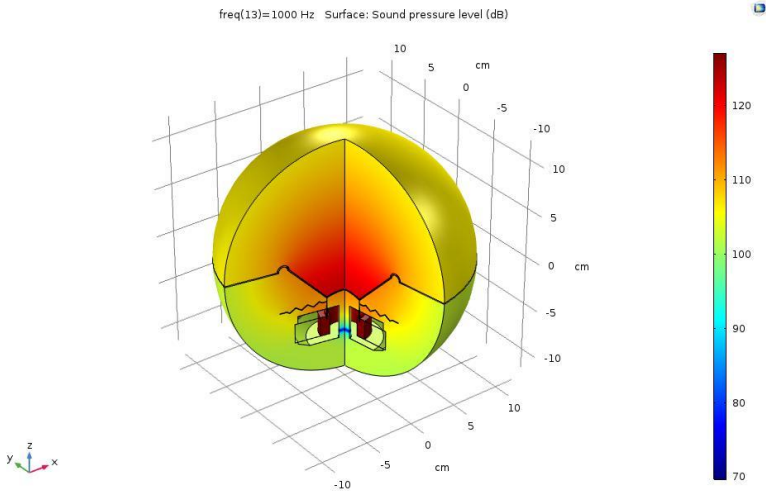
Simulasi kedua driver dilakukan menggunakan perangkat lunak *Comsol Multiphysics 5.3*. Berikut adalah hasil simulasi driver speaker 2.5" SB65WBAC25-4.



**Gambar 4. 4** Hasil simulasi sensitivitas driver speaker 2.5" SB65WBAC25-4

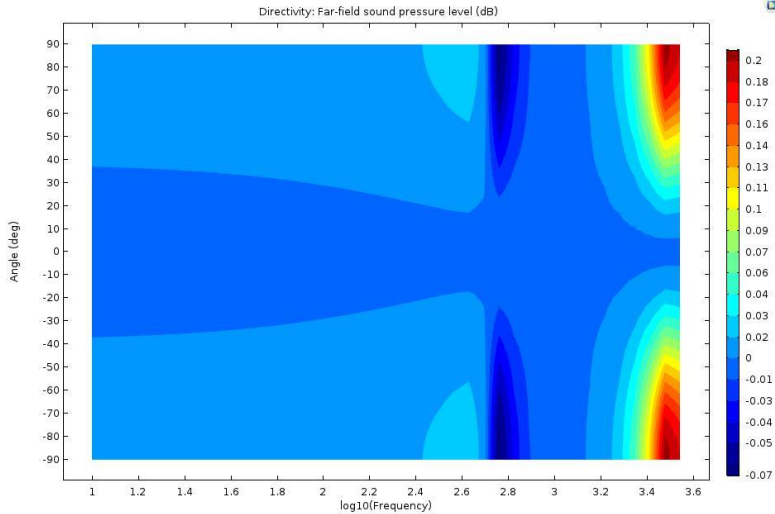
Gambar diatas menunjukkan bahwa driver speaker 2.5" SB65WBAC25-4 memiliki flat response pada 125 Hz hingga 500

Hz. Semakin tinggi frekuensi, nilai tingkat tekanan bunyi yang dihasilkan semakin rendah.



**Gambar 4. 5** Hasil simulasi tingkat tekanan bunyi driver speaker 2.5” SB65WBAC25-4

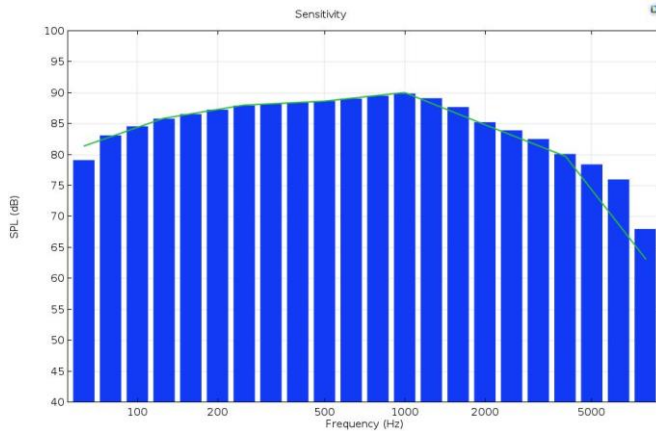
Simulasi dibuat dengan membuat batas menyerupai bola. Hasil simulasi tingkat tekanan bunyi driver speaker 2.5” SB65WBAC25-4 menunjukkan bahwa tingkat tekanan bunyi terbesar yang dihasilkan adalah 120 dB, yang kemudian menyebar ke segala arah dan menurun hingga 105 dB.



**Gambar 4. 6** Hasil simulasi keterarahan driver speaker 2.5”  
SB65WBAC25-4

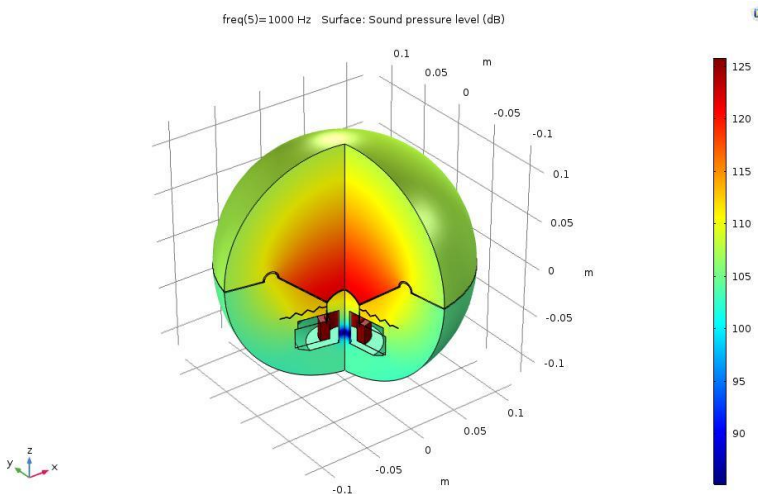
Gambar tersebut menunjukkan pola keterarahan driver speaker 2.5” SB65WBAC25-4 terhadap sudut dan frekuensi. Dari gambar terlihat bahwa semakin besar sudut dan frekuensinya, maka pola keterarahannya tidak merata.

Driver speaker 4” SB12CACS25-8 juga dibuat simulasinya menggunakan menggunakan perangkat lunak *Comsol Multiphysics 5.3* dengan hasil seperti berikut.



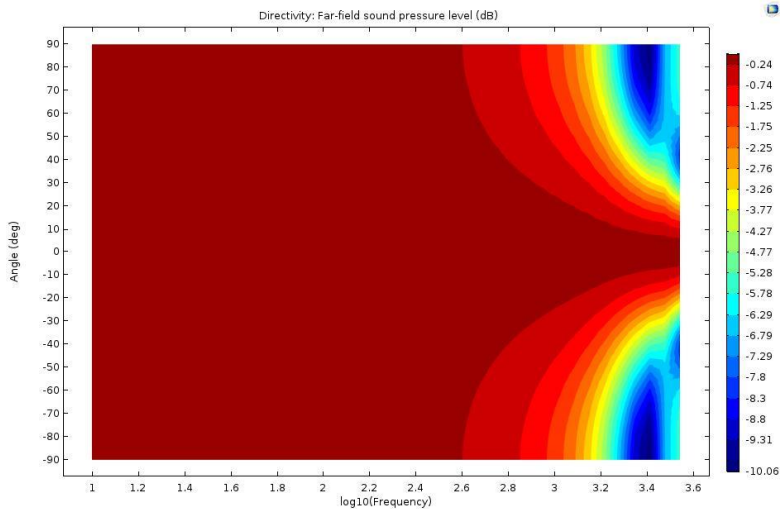
**Gambar 4. 7** Hasil simulasi sensitivitas driver speaker 4”  
SB12CACS25-8

Gambar diatas menunjukkan bahwa driver speaker 4” SB12CACS25-8 memiliki flat response pada 200 Hz hingga 1000 Hz. Semakin tinggi frekuensi, nilai tingkat tekanan bunyi yang dihasilkan semakin rendah.



**Gambar 4. 8** Hasil simulasi tingkat tekanan bunyi driver speaker  
4” SB12CACS25-8

Simulasi dibuat dengan membuat batas menyerupai bola. Hasil simulasi tingkat tekanan bunyi driver speaker 4” SB12CACS25-8 menunjukkan bahwa tingkat tekanan bunyi terbesar yang dihasilkan adalah 120 dB, yang kemudian menyebar ke segala arah dan menurun hingga 105 dB.



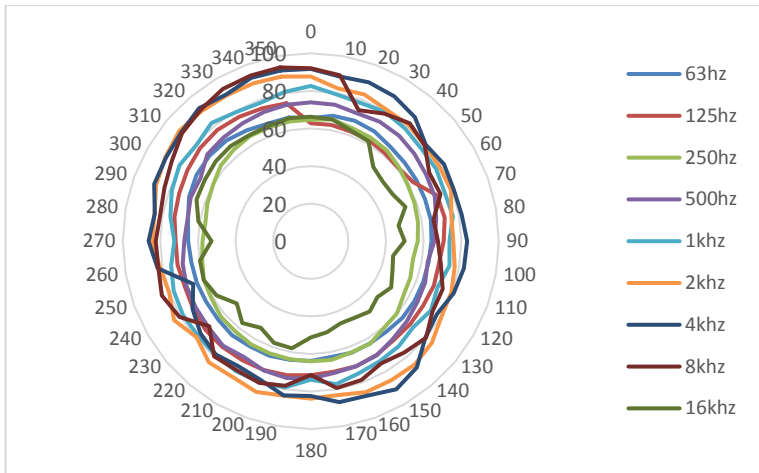
**Gambar 4. 9** Hasil simulasi keterarahan driver speaker4”  
SB12CACS25-8

Gambar tersebut menunjukkan pola keterarahan driver speaker 4” SB12CACS25-8 terhadap sudut dan frekuensi. Dari gambar terlihat bahwa pada frekuensi tinggi pola keterarahannya berbeda-beda dibandingkan pada frekuensi rendah. Sehingga dari simulasi dapat dikatakan pada frekuensi kurang dari 2500 Hz driver speaker 4” SB12CACS25-8 memiliki pola keterarahan yang baik.

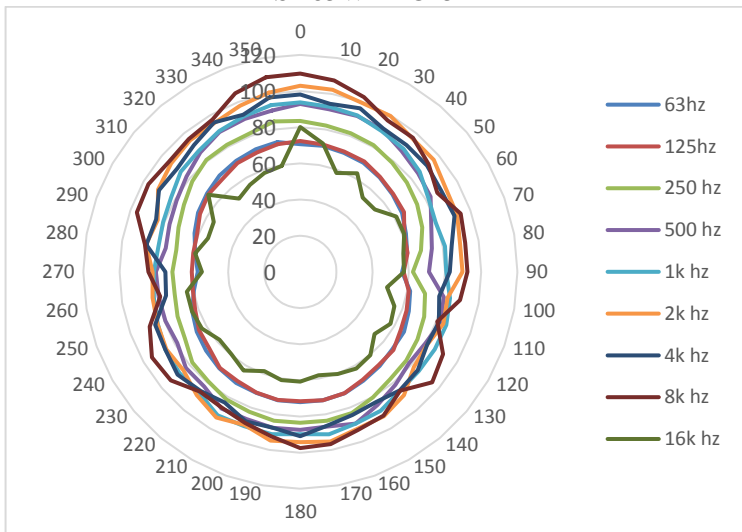
#### 4.2.2 Eksperimen

Eksperimen dilakukan untuk memvalidasi *data sheet driver speaker* dan simulasi yang sudah dilakukan. Berikut adalah pola keterarahan *driver speaker* 2.5” SB65WBAC25-4 dan SBAcoustics 4” SB12CACS25-8.





**Gambar 4. 10** Hasil pola keterarahan *driver speaker 2.5"*  
SB65WBAC25-4



**Gambar 4. 11** Hasil pola keterarahan *driver speaker 4"*  
SB12CACS25-8

Gambar diatas menunjukkan pola keterarahan *driver satu speaker 2.5"* SB65WBAC25-4 dan *4"* SB12CACS25-8. *Driver speaker 2.5"* SB65WBAC25-4 memiliki pola keterarahan yang baik

terutama pada frekuensi 63 Hz hingga 4000 Hz, sedangkan *driver speaker 4"* SB12CACS25-8 juga memiliki pola keterarahan yang baik pada frekuensi 63 Hz hingga 4000 Hz.

#### **4.3 Hasil Pengukuran Loudspeaker Dodecahedron**

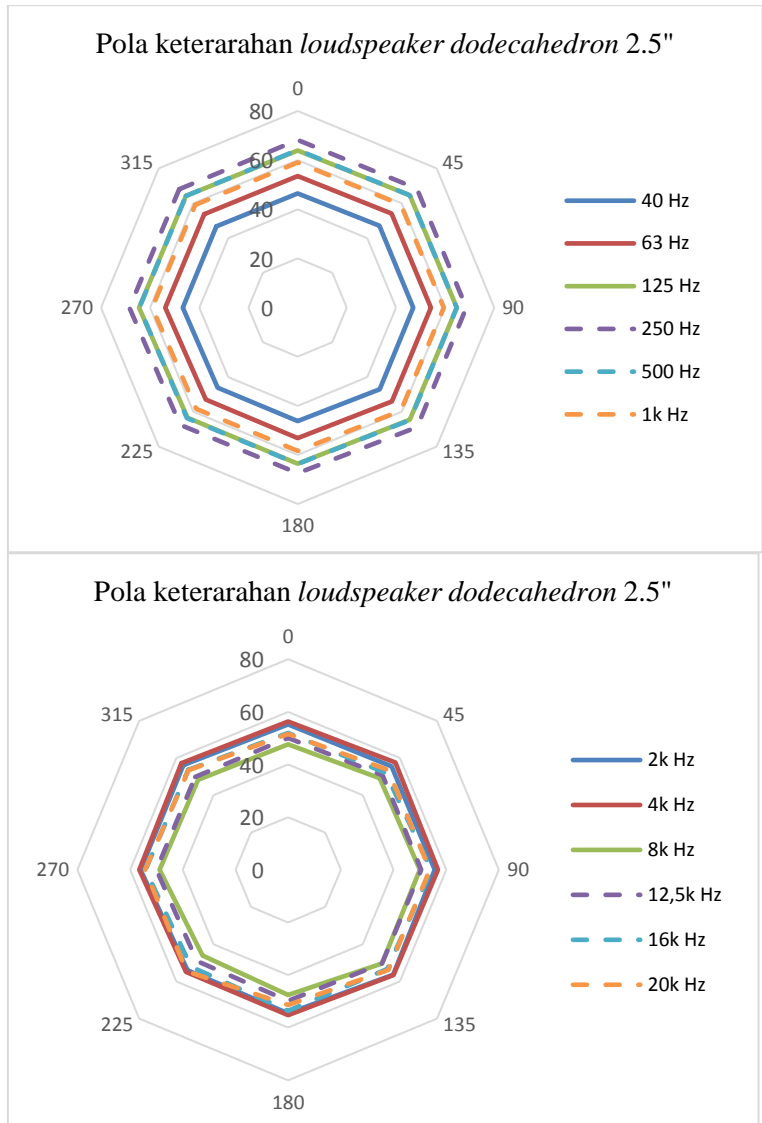
Pengukuran untuk menguji karakteristik ini mengacu pada standar internasional yang ada yaitu ISO 3745 dan ISO 3382-1. Pengujian ini dilakukan untuk melihat karakteristik *loudspeaker dodecahedron* berupa pola keterarahan, respon frekuensi, dan nilai tingkat tekanan bunyi maksimum. Metode pengukuran mengacu pada kedua standar menggunakan sumber *pink noise*.

##### **4.3.1 Pengukuran di Anechoic Room**

Pengukuran unjuk kerja *loudspeaker dodecahedron* di *anechoic room* dilakukan sesuai dengan standar ISO 3745. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja dan karakteristik dari kedua *loudspeaker dodecahedron*. Berikut hasil dari pengukuran di ruang *anechoic*.

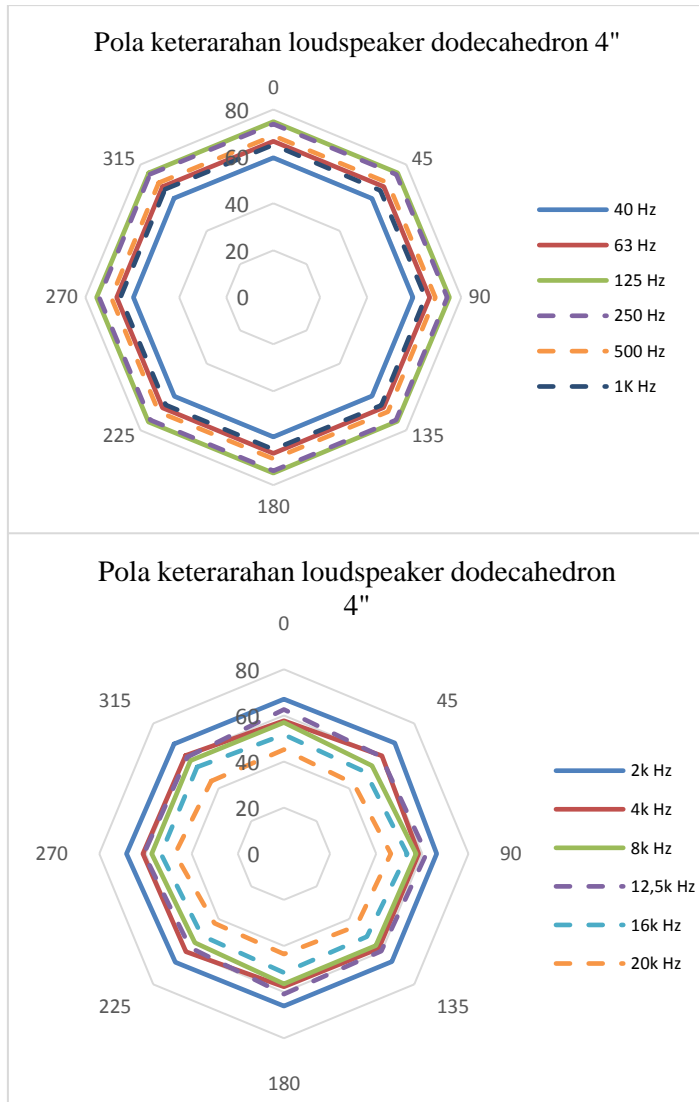
##### **A. Pola Keterarahan**

Luaran dari penelitian ini adalah *loudspeaker dodecahedron* yang bersifat *omnidirectional* atau memiliki pola keterarahan yang rata ke segala arah. Karena itu parameter keterarahan sangat penting. Berikut adalah hasil dari pengukuran keterarahan kedua *loudspeaker dodecahedron*.



**Gambar 4. 12** Pola keterarahan *loudspeaker* dodecahedron 2.5" di anechoic room

Gambar diatas menunjukka pola keterarahan *loudspeaker dodecahedron 2,5"*. Gambar pertama menunjukkan pola keterarahan pada frekuensi 40 hingga 1000 Hz, dimana pola keterarahannya sangat baik atau merata ke segala arah. Gambar kedua menunjukkan pola keterarahan pada frekuensi 2000 hingga 20000 Hz, dimana pada frekuensi tinggi pun *loudspeaker dodecahedron 2,5"* dapat mempertahankan pola keterarahan yang baik. Sehingga dari pengukuran di ruang *anechoic* dapat dikatakan bahwa *loudspeaker dodecahedron 2,5"* bersifat *omnidirectional*.



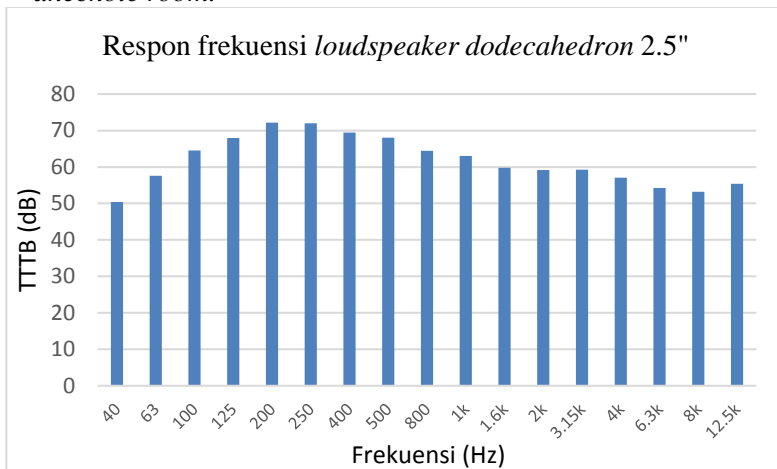
**Gambar 4. 13** Pola keterarahan *loudspeaker dodecahedron 4"* di *anechoic room*

Gambar diatas menunjukka pola keterarahan *loudspeaker dodecahedron 4"*. Gambar pertama menunjukkan pola

keterarahan pada frekuensi 40 hingga 2000 Hz, dimana pola keterarahannya sangat baik atau merata ke segala arah. Namun pada frekuensi lebih dari 2000 Hz, pola keterarahannya tidak merata lagi. Semakin tinggi frekuensi, pola keterarahan *loudspeaker dodecahedron 4"* akan tidak bersifat *omnidirectional*.

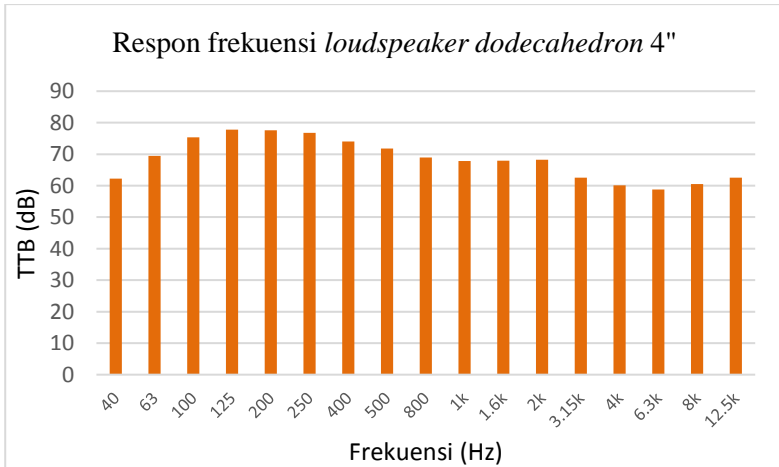
### B. Respon Frekuensi

Respon frekuensi didapatkan dari pengukuran tingkat tekanan bunyi yang dirata-rata, kemudian diplot sesuai frekuensi menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel*. Berikut adalah grafik respon frekuensi kedua *loudspeaker dodecahedron* di *anechoic room*.



**Gambar 4. 14** Respon frekuensi *loudspeaker dodecahedron 2.5"* di *anechoic room*

Gambar diatas menunjukkan respon frekuensi *loudspeaker dodecahedron 2.5"* di *anechoic room*. Pada frekuensi sangat rendah yaitu 40 dan 63 Hz nilai tingkat tekanan bunyinya kecil sekali. Tingkat tekanan bunyi mulai besar saat frekuensi 100 hingga 500 Hz, namun sayangnya respon frekuensinya tidak flat. Sedangkan pada frekuensi 1000 Hz hingga 4000 Hz responnya lebih flat walaupun tingkat tekanan bunyinya tidak sekuat pada frekuensi lebih rendah.



**Gambar 4. 15** Respon frekuensi *loudspeaker dodecahedron 4"* di *anechoic room*

Gambar diatas menunjukkan respon frekuensi *loudspeaker dodecahedron 4"* di *anechoic room*. *Loudspeaker* ini dapat membangkitkan frekuensi sangat rendah yaitu dari 40 Hz dengan tingkat tekanan bunyi yang tinggi. Respon frekuensi flat saat frekuensi 800 hingga 2000 Hz. Tingkat tekanan bunyi tiap frekuensi yang dihasilkan pun lebih besar dibandingkan frekuensi *loudspeaker dodecahedron 2.5"*.

### C. Daya atau Kuat Suara

Parameter lain yang dilihat pada karakteristik kedua *loudspeaker dodecahedron* adalah daya atau kuat suara yang dihasilkan. Karena terdiri dari 12 *driver speaker*, maka diharapkan *loudspeaker dodecahedron* mempunyai daya atau kuat suara yang tinggi, yaitu mencapai 100 dB atau lebih.

Daya atau kuat suara maksimal dilihat dari data pengukuran tingkat tekanan bunyi di *anechoic room*, tepatnya hasil total tingkat tekanan bunyi seluruh frekuensi. Daya maksimum yang dihasilkan menggunakan sumber *pink noise* pada *loudspeaker dodecahedron 2.5"* adalah 81,98 dB, sedangkan pada *loudspeaker dodecahedron 4"* adalah 87,4 dB.

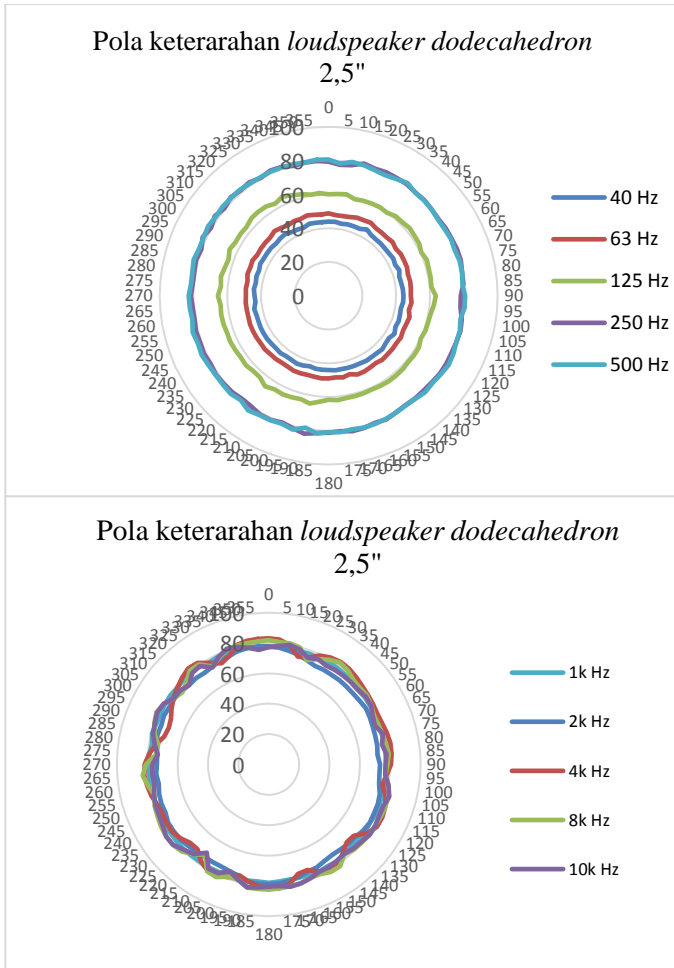
#### **4.3.2 Pengukuran di Luar Ruangan**

Pengukuran unjuk kerja *loudspeaker dodecahedron* di luar ruangan, yaitu parkir di Teknik Industri ITS dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja dan karakteristik dari kedua *loudspeaker dodecahedron*. Berikut hasil dari pengukuran di luar ruangan.

##### **A. Pola Keterarahan**

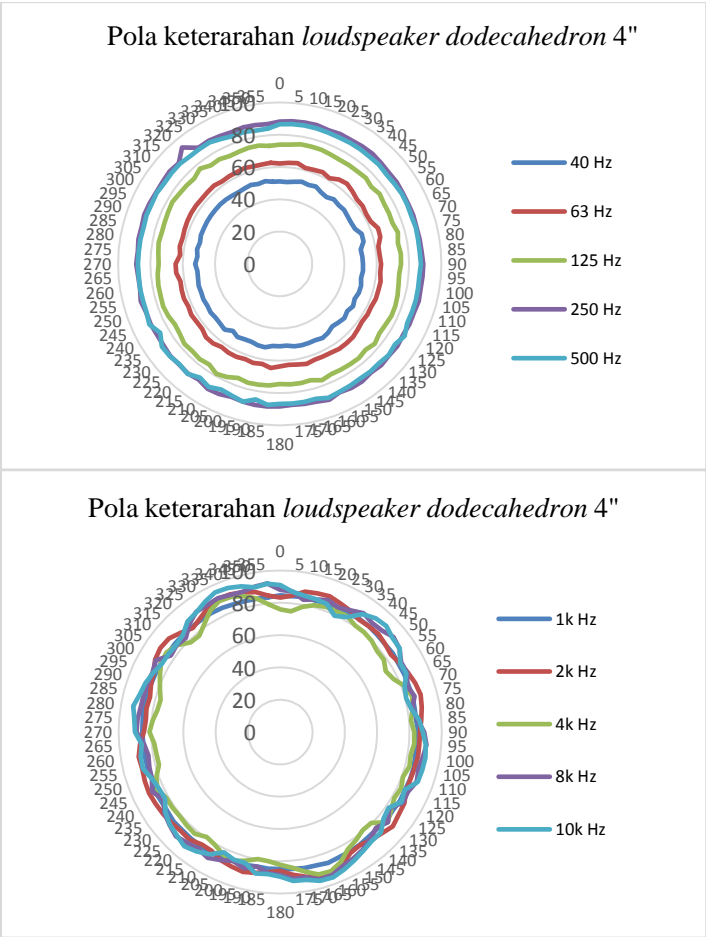
Pola keterarahan loudspeaker dodecahedron di dalam ruangan ditunjukkan oleh gambar berikut.





**Gambar 4. 16** Pola keterarahan *loudspeaker dodecahedron* 2.5" di luar ruangan

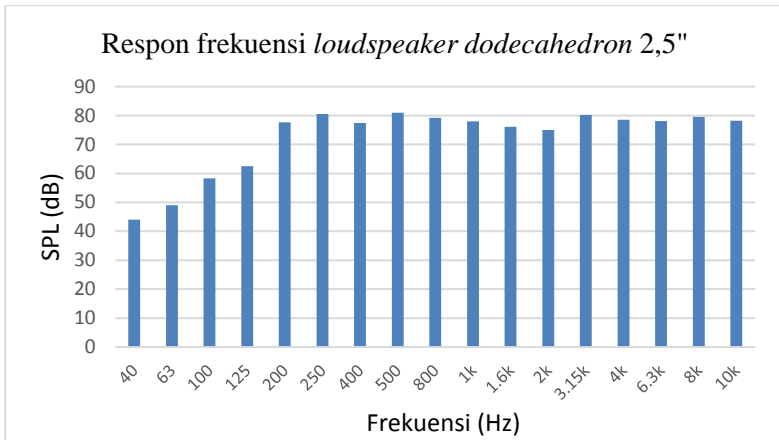
Hasil pengukuran menunjukkan *loudspeaker dodecahedron* 2,5" memiliki pola keterarahan yang baik dari 63-2000 Hz, dimana pola keterarahannya hampir berbentuk lingkaran sempurna. Namun pada frekuensi tinggi yaitu lebih dari 2000 Hz, pola keterarahannya sudah tidak beraturan.



**Gambar 4. 17** Pola keterarahan *loudspeaker dodecahedron 4"* di luar ruangan

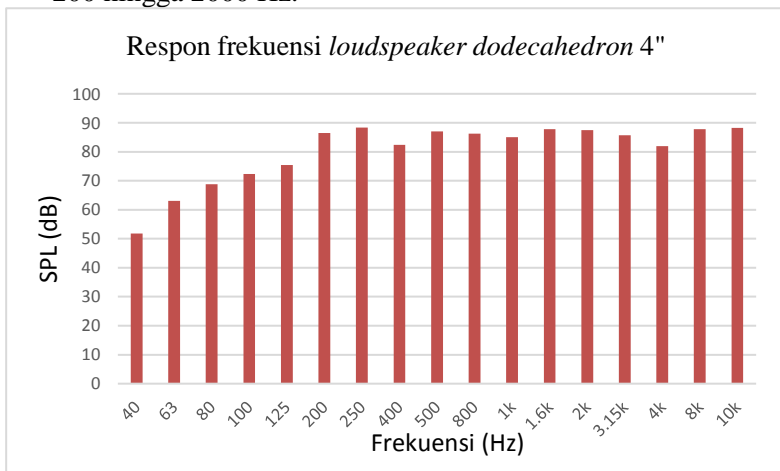
**B. Respon Frekuensi**

Dari hasil pengukuran sebelumnya, respon frekuensi kedua *loudspeaker dodecahedron* dapat diketahui. Berikut adalah respon frekuensi *loudspeaker dodecahedron 2,5"*.



**Gambar 4. 18** Respon frekuensi *loudspeaker dodecahedron 2.5"* di luar ruangan

Gambar diatas menunjukkan respon frekuensi *loudspeaker dodecahedron 2.5"* di luar ruangan. Pada frekuensi sangat rendah yaitu 40 dan 63 Hz nilai tingkat tekanan bunyinya kecil sekali. Respon frekuensi bersifat flat response dari frekuensi 200 hingga 2000 Hz.



**Gambar 4. 19** Respon frekuensi *loudspeaker dodecahedron 4"* di luar ruangan

Gambar diatas menunjukkan respon frekuensi *loudspeaker dodecahedron 4"* di luar ruangan. Respon frekuensi bersifat *flat response* ketika frekuensi 500 hingga 3150 Hz.

### **C. Daya atau Kuat Suara**

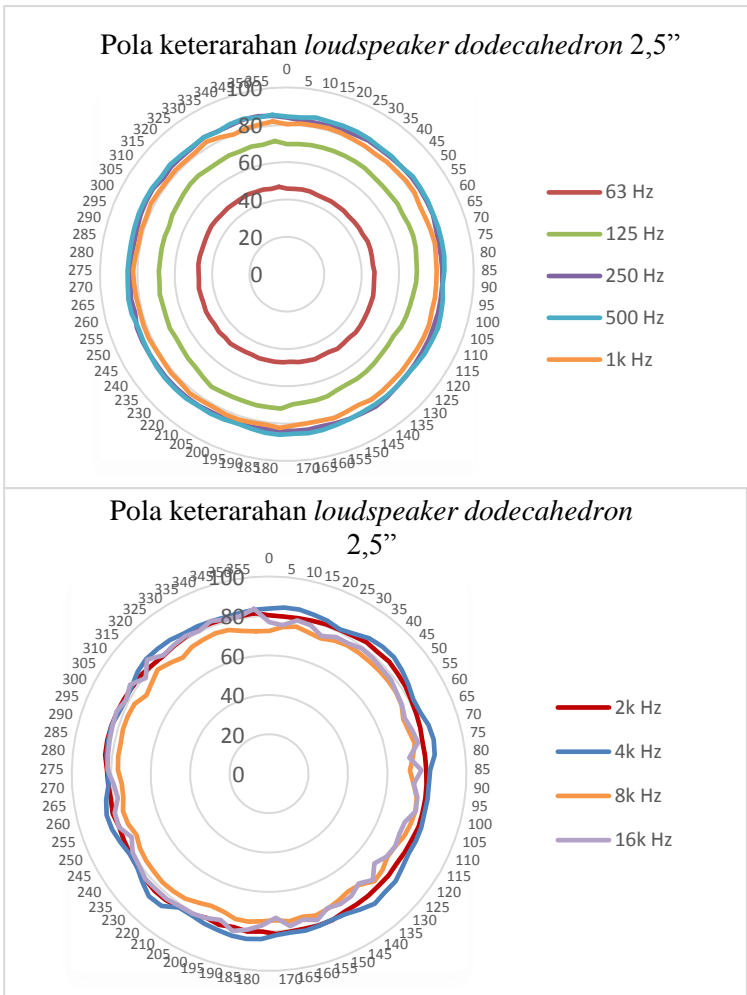
Daya atau kuat suara maksimal dilihat dari data pengukuran tingkat tekanan bunyi total. Daya maksimum yang dihasilkan menggunakan sumber *pink noise* pada *loudspeaker dodecahedron 2.5"* adalah 91,74 dB, sedangkan pada *loudspeaker dodecahedron 4"* adalah 97,45 dB.

### **4.3.3 Pengukuran di Dalam Ruangan**

Pengukuran unjuk kerja *loudspeaker dodecahedron* di dalam ruangan dilakukan sesuai dengan standar ISO 3382-1. Pengukuran dilakukan di Teater A ITS. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja dan karakteristik dari kedua *loudspeaker dodecahedron* di ruangan. Berikut hasil dari pengukuran di ruang Teater A ITS.

#### **A. Pola Keterarahan**

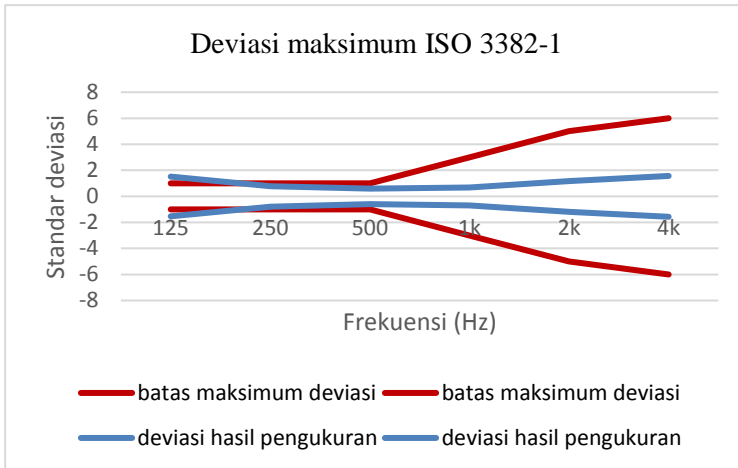
Pola keterarahan *loudspeaker dodecahedron* di dalam ruangan ditunjukkan oleh gambar berikut.



**Gambar 4. 20** Pola keterarahan *loudspeaker* dodecahedron 2.5" di dalam ruangan

Hasil pengukuran menunjukkan *loudspeaker* dodecahedron 2,5" memiliki pola keterarahannya yang baik dari 63-2000 Hz, dimana pola keterarahannya hampir berbentuk lingkaran sempurna. Namun pada frekuensi tinggi yaitu lebih dari 2000 Hz, pola keterarahannya sudah tidak beraturan.

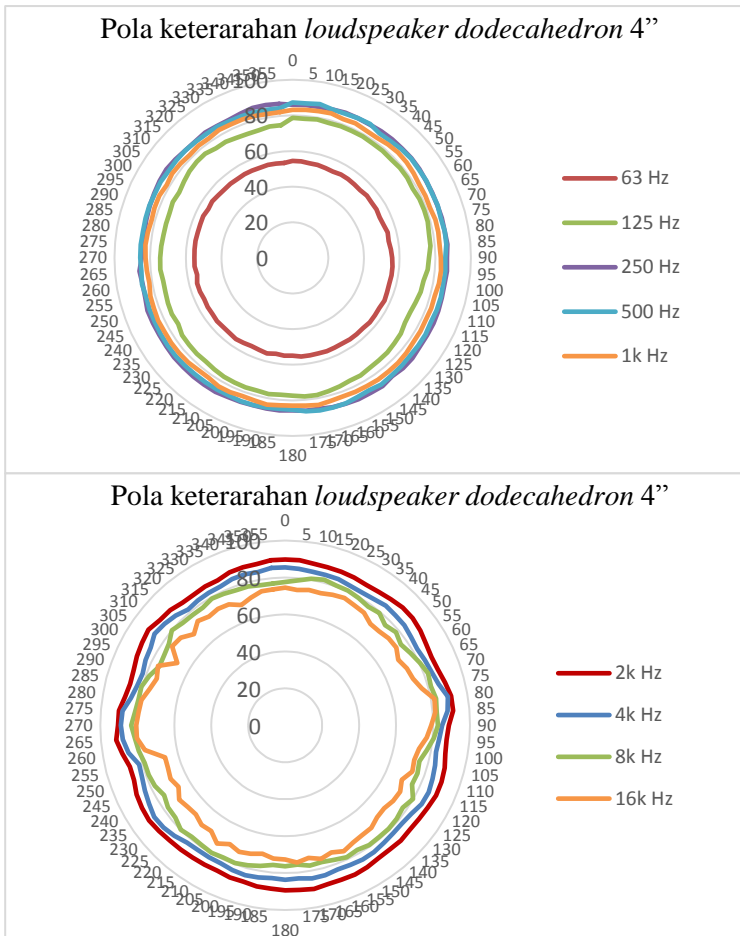
Berdasarkan ISO 3382-1, sumber suara yang dibutuhkan untuk pengukuran akustik ruang harus bersifat omnidirectional, dan dapat membangkitkan suara dari frekuensi 125-4000 Hz dengan batas deviasi yang ditentukan. Berikut adalah grafik perbandingan antara deviasi hasil pengukuran *loudspeaker dodecahedron 2,5"* dengan batas deviasi yang harus dipenuhi menurut ISO 3382-1.



**Gambar 4. 21** Batas deviasi maksimum *loudspeaker dodecahedron 2.5"*

Grafik tersebut menunjukkan perbandingan antara deviasi pengukuran dengan batas deviasi menurut ISO 3382-1. Terlihat bahwa pada frekuensi 125 Hz, nilai deviasi tidak memenuhi standar yang ditentukan, dimana deviasi pengukuran pada frekuensi 125 Hz adalah 1,52 sedangkan batas maksimum deviasi adalah 1. Untuk frekuensi lebih dari 250 Hz sudah memenuhi batasan tersebut.

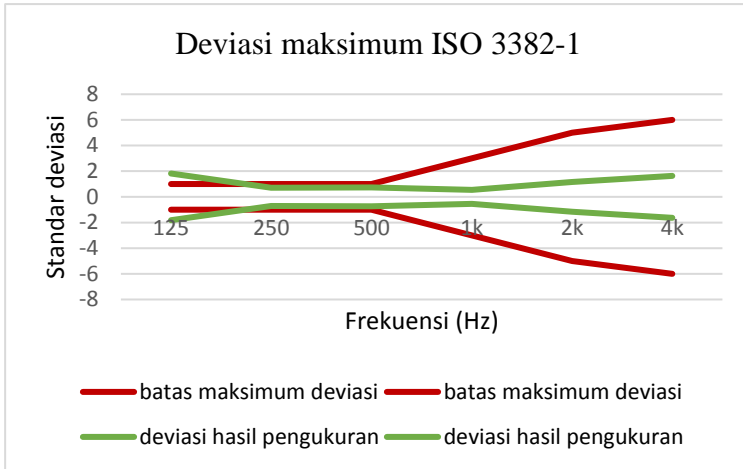
Kemudian, berikut adalah pola keterarahan *loudspeaker dodecahedron 4"*.



**Gambar 4. 22** Pola keterarahan *loudspeaker* dodecahedron 4" di dalam ruangan

Hasil pengukuran menunjukkan *loudspeaker* dodecahedron 4" memiliki pola keterarahan yang baik dari 63-1000 Hz, dimana pola keterarahannya hampir berbentuk lingkaran sempurna. Pada frekuensi 2000 Hz keatas, pola keterarahannya sudah tidak merata lagi. Namun untuk mengetahui apakah *loudspeaker* bersifat omnidirectional atau tidak, perlu dibandingkan kembali dengan batas deviasi

maksimum berdasarkan ISO 3382-1 seperti pada grafik berikut.



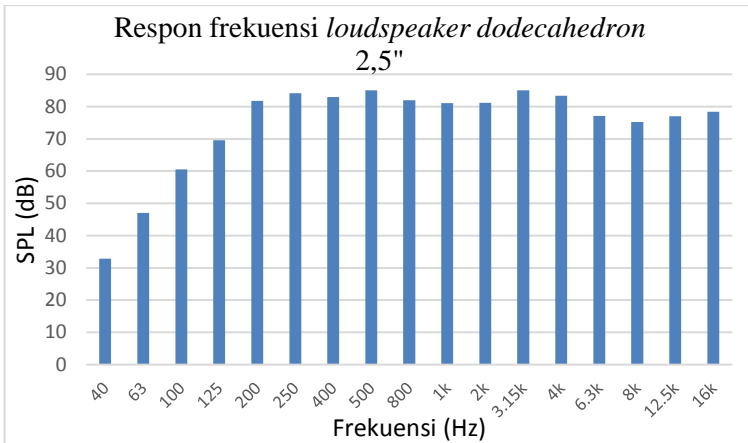
**Gambar 4. 23** Batas deviasi maksimum *loudspeaker dodecahedron 4''*

Grafik tersebut menunjukkan perbandingan antara deviasi pengukuran dengan batas deviasi menurut ISO 3382-1. Terlihat bahwa pada frekuensi 125 Hz, nilai deviasi tidak memenuhi standar yang ditentukan, dimana deviasi pengukuran pada frekuensi 125 Hz adalah 1,89 sedangkan batas maksimum deviasi adalah 1. Adapun untuk frekuensi lebih dari 250 Hz sudah memenuhi batasan tersebut.

### **B. Respon Frekuensi**

Dari hasil pengukuran sebelumnya, respon frekuensi kedua *loudspeaker dodecahedron* dapat diketahui. Berikut adalah respon frekuensi *loudspeaker dodecahedron 2,5''*.

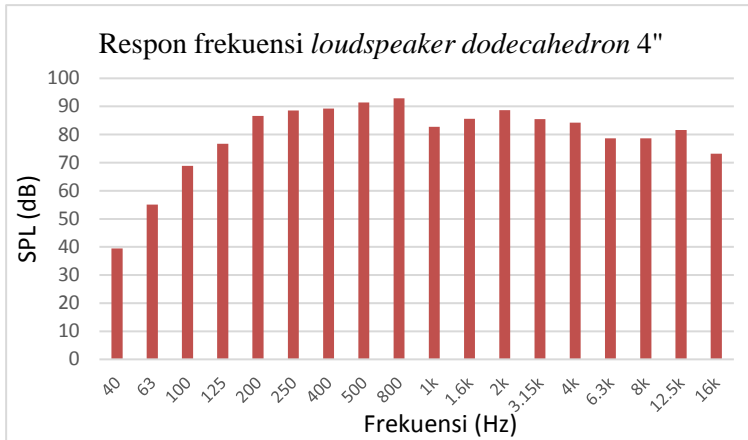




**Gambar 4. 24** Respon frekuensi *loudspeaker dodecahedron 2,5"* di dalam ruangan

Dari grafik tersebut, terlihat bahwa *loudspeaker dodecahedron 2,5"* memiliki nilai flat response dari frekuensi 200 hingga 4000 Hz. Sedangkan pada frekuensi rendah, dibawah 125 Hz, *loudspeaker dodecahedron 2,5"* menghasilkan nilai tingkat tekanan bunyi yang kecil.

Kemudian respon frekuensi *loudspeaker dodecahedron 4"* adalah seperti berikut.



**Gambar 4. 25** Respon frekuensi *loudspeaker dodecahedron 4"* di dalam ruangan

Dari grafik tersebut, terlihat bahwa *loudspeaker dodecahedron 4"* memiliki nilai flat response dari frekuensi 200 hingga 800 Hz. Pada frekuensi 1000 Hz terjadi penurunan tingkat tekanan bunyi yang signifikan daripada frekuensi sebelumnya.

### C. Daya atau Kuat Suara

Sama seperti sebelumnya, karakteristik daya atau kuat suara kedua *loudspeaker dodecahedron* di dalam ruangan juga diamati. Daya atau kuat suara maksimal dilihat dari data pengukuran tingkat tekanan bunyi di dalam ruang, tepatnya hasil total tingkat tekanan bunyi seluruh frekuensi. Daya maksimum yang dihasilkan menggunakan sumber *pink noise* pada *loudspeaker dodecahedron 2.5"* adalah 95,22 dB, sedangkan pada *loudspeaker dodecahedron 4"* adalah 97,2 dB.

#### 4.3.4 Pengukuran Waktu Dengung

Sebelumnya pengukuran waktu dengung di Teater A ITS pernah dilakukan pada penelitian tugas akhir di Teknik Fisika ITS. Pengukuran pada penelitian tersebut menggunakan respon impuls berupa ledakan petasan. Hasil pengukuran waktu dengung penelitian tersebut seperti berikut.

**Tabel 4. 3** Hasil pengukuran waktu dengung pada penelitian tugas akhir sebelumnya

Pengukuran Ke-	Waktu dengung (detik)
1	2
2	2,4
3	2,1
4	2,4
5	2,1
6	2,2
Rata-rata	2,2

Sedangkan hasil perhitungan manual waktu dengung di Teater A ITS pada penelitian sebelumnya, didapatkan sebagai berikut.

**Tabel 4. 4** Hasil perhitungan waktu dengung pada penelitian tugas akhir sebelumnya

No	Elemen interior teater A	S (m <sup>2</sup> )	$\alpha$	Qty	S $\alpha$ (m2)	$\Sigma$ S $\alpha$ (m2)	Rt (detik)
1	Tembok belakang	143.8	0.02	1	2.876	2.876	2.23
2	Tembok kanan	118	0.02	1	2.36	2.36	
3	Tembok kiri	118	0.02	1	2.36	2.36	
4	Tembok depan	82.9	0.02	1	1.658	1.658	
5	Lantai	274.7	0.02	1	5.494	5.494	
6	Tangga audiens	13.3	0.36	1	4.788	4.788	
		13.6	0.36	1	4.896	4.896	
		13.8	0.36	1	4.968	4.968	
		14.1	0.36	1	5.076	5.076	
		14.3	0.36	1	5.148	5.148	
		14.58	0.36	1	5.2488	5.2488	
		14.83	0.36	1	5.3388	5.3388	
		15	0.36	1	5.4	5.4	
		15.3	0.36	1	5.508	5.508	
		15.6	0.36	1	5.616	5.616	
		15.8	0.36	1	5.688	5.688	

No	Elemen interior teater A	S (m <sup>2</sup> )	$\alpha$	Qty	S $\alpha$ (m2)	$\Sigma$ S $\alpha$ (m2)	
7	Lantai bangunan belakang	7.14	0.02	1	0.1428	0.1428	
8	Plafon bangunan belakang	3.57	0.02	1	0.0714	0.0714	
9	Tembok samping bangunan belakang	12.6	0.02	2	0.252	0.504	
10	Tembok depan bangunan belakang	5.1	0.18	1	0.918	0.918	
11	Plafon bagian depan	104.2	0.02	1	2.084	2.084	
12	Plafon audiens	177.5	0.02	1	3.55	3.55	
13	Papan tulis	6.27	0.06	1	0.3762	0.3762	
14	Meja pembicara	1.94	0.1	1	0.194	0.194	
15	Layar proyektor	11.56	0.1	1	1.156	1.156	
16	Kursi pembicara	0.48	0.56	1	0.2688	0.2688	
17	Gagang pintu	0.06	0.1	1	0.006	0.006	
18	Pintu	5.24	0.1	2	0.524	1.048	
Total						82.7428	

Hasil pengukuran dan perhitungan manual waktu dengung tidak berbeda jauh [14]. Namun karena pada penelitian sebelumnya Teater A ITS belum direnovasi, waktu dengung yang didapatkan di penelitian tersebut tidak dapat dibandingkan dengan pengukuran waktu dengung yang dilakukan pada penelitian ini. Teater A ITS sudah direnovasi dengan menambah lapisan kayu pada dinding samping dan dinding depan, dan menambah panggung dibagian depan. Adapun hasil pengukuran waktu dengung menggunakan *loudspeaker dodecahedron* adalah seperti berikut.

**Tabel 4. 5** Hasil pengukuran waktu dengung dengan *loudspeaker dodecahedron 2,5"*

Pengukuran ke-	Waktu dengung (detik)
1	1,84
2	1,84
3	1,76
Rata-rata	1,81

**Tabel 4. 6** Hasil pengukuran waktu dengung dengan *loudspeaker dodecahedron 4"*

Pengukuran ke-	Waktu dengung (detik)
1	1,88
2	1,84
3	1,88
Rata-rata	1,86

**Tabel 4. 7** Hasil pengukuran waktu dengung dengan Vibrastics *dodecahedron*

Pengukuran ke-	Waktu dengung (detik)
1	1,8
2	1,88
3	1,84
Rata-rata	1,84

Adapun nilai bising latar belakang saat pengukuran adalah 42,74 dB. Karena selisih nilai bising latar belakang dengan tingkat tekanan bunyi maksimum yang dihasilkan *loudspeaker dodecahedron* sebesar 51,77 dB, pengukuran waktu dengung dilakukan dengan metode RT30 atau yang dilihat penurunan sebesar 30 dB dari saat sumber suara dimatikan. Dari ketiga pengukuran waktu dengung yang dilakukan dengan tiga *loudspeaker dodecahedron* yang berbeda, hasilnya tidak berbeda jauh yaitu sekitar 1,8 detik. Perbedaan dari pengukuran adalah nilai maksimum yang dapat dicapai ketiga *loudspeaker dodecahedron*, dimana *loudspeaker dodecahedron 2,5"* menghasilkan tingkat tekanan bunyi maksimum 94,51 dB, *loudspeaker dodecahedron 4"* menghasilkan tingkat tekanan bunyi maksimum 96,6 dB, dan

Vibrastics *dodecahedron* menghasilkan tingkat tekanan bunyi maksimum 98,97 dB.

#### 4.4 Perbandingan Unjuk Kerja Loudspeaker Dodecahedron

Tujuan perbandingan ini dilakukan untuk melihat unjuk kerja kedua *loudspeaker dodecahedron* jika dibandingkan dengan *loudspeaker dodecahedron* yang dijual di pasaran. *Loudspeaker dodecahedron* akan dibandingkan dengan Vibrastics *dodecahedron* yang merupakan hasil penelitian sebelumnya, dan dibandingkan juga dengan produk dari Norsonic yaitu *Dodecahedron Loudspeaker Nor276*, dan Bruel & Kjaer (B&K) yaitu *OmniPower Sound Source Type 4292-L*. Karakteristik yang dibandingkan adalah respon frekuensi, dan pola keterarahan tiap *loudspeaker dodecahedron*.

##### 4.4.1 Perbandingan Unjuk Kerja Loudspeaker Dodecahedron dengan Vibrastics Dodecahedron

Vibrastic *dodecahedron* adalah hasil dari penelitian tugas akhir sebelumnya, dimana penelitian ini merakit *loudspeaker dodecahedron* dengan spesifikasi seperti berikut.

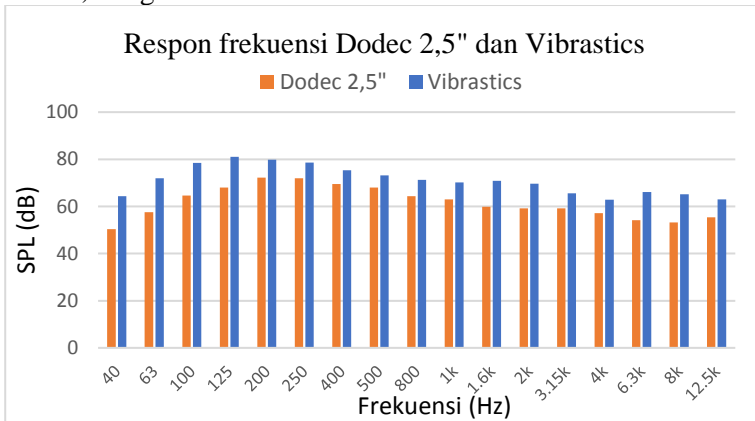
**Tabel 4. 8** Data Spesifikasi Vibrastics *Dodecahedron*

Standar	ISO 3745, dan ISO 3382-1
Nilai Impedansi	6 Ohm
Rentang Frekuensi	125 Hz sampai dengan 6300 Hz
Tingkat Tekanan Bunyi	112 dB <i>White Noise</i>
Konektor	Stringer Pro Series 12 (3m)
Unit <i>Loudspeaker</i>	SBAcoustics Seri SB15NRXC30, 5 Inch, 8 Ohm
Diameter	55 cm (termasuk pegangannya)
Berat	$\pm 18$ kg

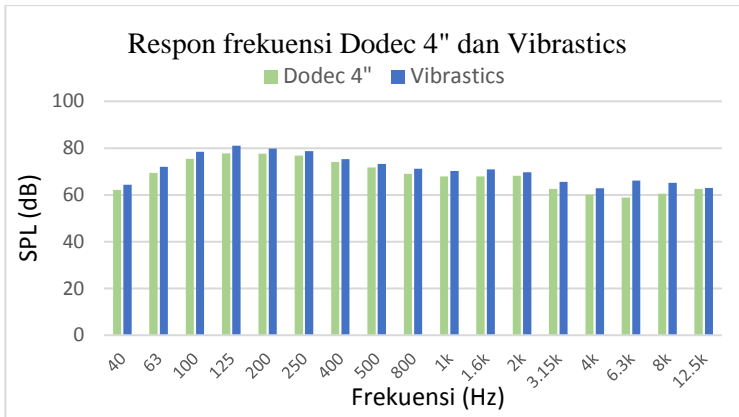
Untuk mengetahui pengaruh dari ukuran *loudspeaker dodecahedron* yang diperkecil, diperlukan adanya perbandingan unjuk kerja dari masing-masing *loudspeaker dodecahedron* yang sudah dibuat. Hasil pengukuran yang sudah dilakukan di *anechoic chamber*, dan di luar ruangan dibandingkan dengan Vibratics Dodecahedron yang dibuat pada penelitian tugas akhir sebelumnya. Untuk perbandingan unjuk kerja ketiga *loudspeaker dodecahedron* tersebut adalah seperti berikut.

#### A. Respon Frekuensi

Berikut adalah perbandingan hasil respon frekuensi *loudspeaker dodecahedron 2,5"*, *loudspeaker dodecahedron 4"*, dengan Vibratics Dodecahedron di *anechoic chamber*.



**Gambar 4. 26** Perbandingan respon frekuensi *loudspeaker dodecahedron 2,5"* dengan Vibratics Dodecahedron di ruang *anechoic*



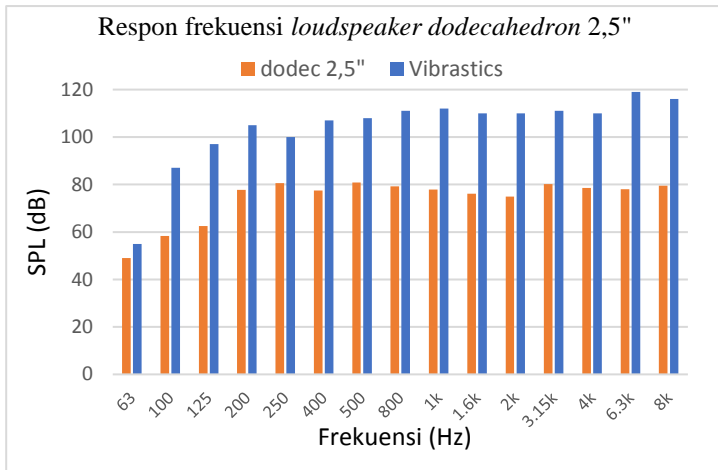
**Gambar 4. 27** Perbandingan respon frekuensi *loudspeaker dodecahedron 4"* dengan Vibratics Dodecahedron di ruang *anechoic*

Grafik tersebut menunjukkan perbedaan respon frekuensi ketiga *loudspeaker dodecahedron* yang ada. Terlihat bahwa Vibratics Dodecahedron memiliki nilai tingkat tekanan bunyi pada tiap frekuensi yang lebih tinggi dibandingkan *loudspeaker dodecahedron 2,5"* dan *loudspeaker dodecahedron 4"*.

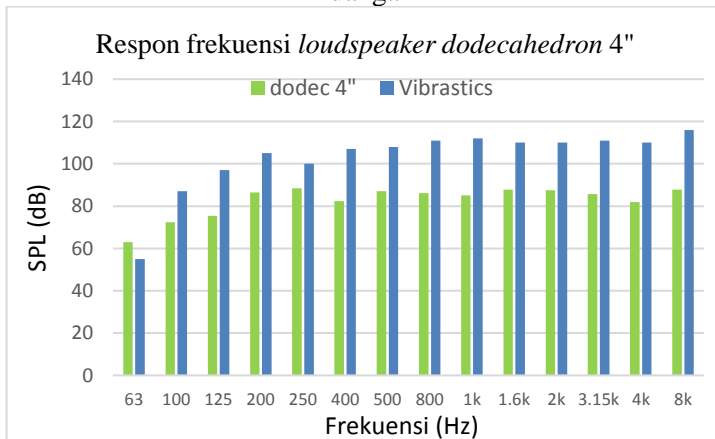
Perbedaan hasil respon frekuensi antara *loudspeaker dodecahedron 4"* dan Vibratics Dodecahedron tidaklah berbeda jauh, dan bisa dikatakan serupa. Ini karena *driver speaker* tidak berbeda jauh sehingga *loudspeaker dodecahedron 4"* mampu menyaingi unjuk kerja Vibratics Dodecahedron. Ketiganya tidak mampu menghasilkan *flat response* pada frekuensi rendah yaitu dibawah 500 Hz di *anechoic room*.

Kemudian berikut adalah perbandingan respon frekuensi frekuensi *loudspeaker dodecahedron 2,5"*, *loudspeaker dodecahedron 4"*, dengan Vibratics Dodecahedron di luar ruangan.





**Gambar 4. 28** Perbandingan respon frekuensi *loudspeaker dodecahedron 2,5"* dengan Vibratics Dodecahedron di luar ruangan



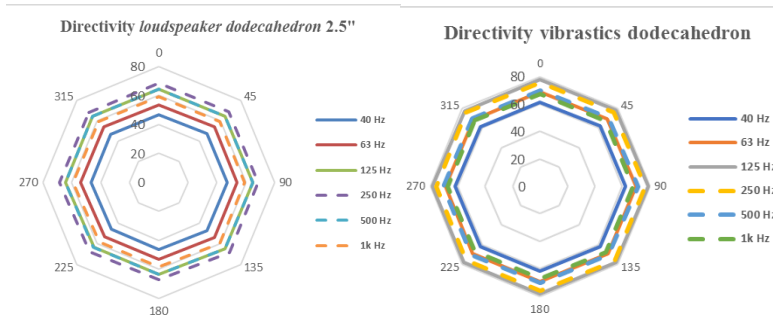
**Gambar 4. 29** Perbandingan respon frekuensi *loudspeaker dodecahedron 4"* dengan Vibratics Dodecahedron di luar ruangan  
Sama seperti sebelumnya, *loudspeaker dodecahedron 2,5"* dan *loudspeaker dodecahedron 4"* belum bisa menghasilkan tingkat tekanan bunyi yang setara dengan Vibratics Dodecahedron. Vibratics Dodecahedron mampu menghasilkan

tingkat tekanan bunyi lebih dari 100 dB. Jika dilihat dari *flat response*, *loudspeaker dodecahedron 2,5"* memiliki *flat response* dari 200 hingga 2000 Hz, *loudspeaker dodecahedron 4"* memiliki *flat response* dari 500 hingga 3150 Hz, dan Vibratics Dodecahedron memiliki *flat response* dari 200 hingga 4000 Hz. Ketiganya memiliki *flat response* yang panjang namun dengan frekuensi yang berbeda.

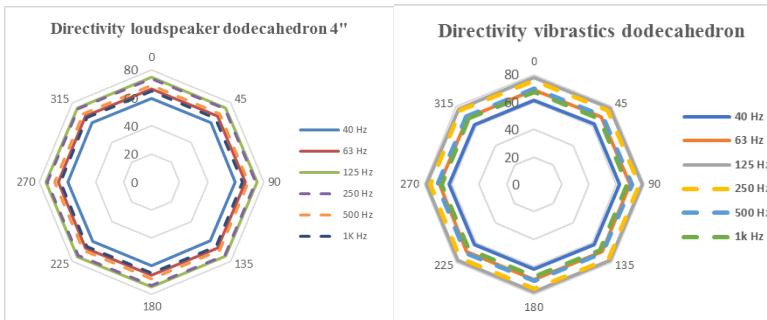
Selain ukuran *loudspeaker dodecahedron* yang berbeda, *driver speaker* yang digunakan juga berbeda, dimana *driver speaker* Vibratics Dodecahedron mampu membangkitkan hingga 90 dB pada frekuensi 1000 Hz saat tegangan 2,83 volt dengan jarak pengukuran 31 cm, sedangkan *driver speaker 2,5"* 82 dB, dan *driver speaker 4"* 85 dB. Karena ketiganya memiliki *driver speaker* dengan unjuk kerja yang berbeda, tentu saja tingkat tekanan bunyi yang dihasilkan pun berbeda.

## B. Pola Keterarahan

Berikut adalah perbandingan pola ketearahan *loudspeaker dodecahedron 2,5"*, *loudspeaker dodecahedron 4"*, dengan Vibratics Dodecahedron di *anechoic chamber*.



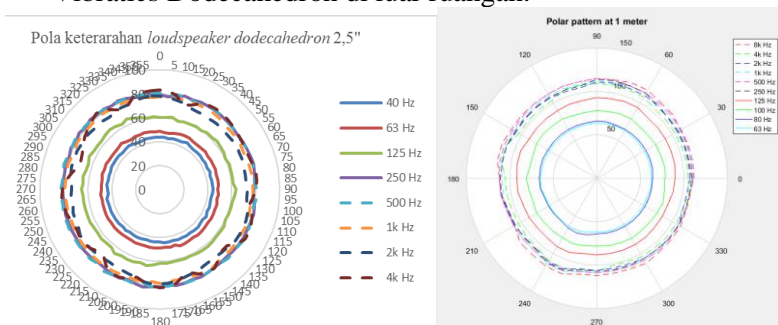
**Gambar 4. 30** Perbandingan keterarahan *loudspeaker dodecahedron 2,5"* dengan Vibratics Dodecahedron di ruang *anechoic*



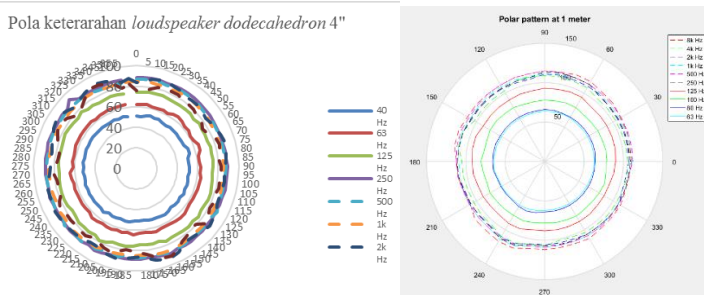
**Gambar 4. 31** Perbandingan keterarahan *loudspeaker dodecahedron 4"* dengan Vibratics Dodecahedron di ruang *anechoic*

Gambar tersebut menampilkan pola keterarahan ketiga *loudspeaker dodecahedron* dari frekuensi 40-1000 Hz. Terlihat bahwa ketiga *loudspeaker dodecahedron* memiliki pola keterarahan yang baik atau merata ke segala arah. Dapat disimpulkan bahwa bentuk *loudspeaker dodecahedron* yang diperkecil tidak mempengaruhi pola keterarahan yang dihasilkan. Hal yang membedakan adalah besarnya tingkat tekanan bunyi yang dihasilkan.

Berikut adalah perbandingan pola keterarahan *loudspeaker dodecahedron 2,5"*, *loudspeaker dodecahedron 4"*, dengan Vibratics Dodecahedron di luar ruangan.



**Gambar 4. 32** Perbandingan keterarahan *loudspeaker dodecahedron 2,5"* dengan Vibratics Dodecahedron di luar ruangan

Pola keterarahan *loudspeaker dodecahedron 4"*

**Gambar 4. 33** Perbandingan keterarahan *loudspeaker dodecahedron 4"* dengan Vibratics Dodecahedron di luar ruangan

Gambar tersebut menampilkan pola keterarahan ketiga *loudspeaker dodecahedron* dari frekuensi 63-4000 Hz. Terlihat bahwa ketiga *loudspeaker dodecahedron* memiliki pola keterarahan yang baik atau merata ke segala arah. Sama seperti sebelumnya, dapat dikatakan bahwa bentuk *loudspeaker dodecahedron* yang diperkecil tidak mempengaruhi pola keterarahan yang dihasilkan. Hal yang membedakan adalah besarnya tingkat tekanan bunyi yang dihasilkan.

#### 4.4.2 Perbandingan Unjuk Kerja Loudspeaker Dodecahedron dengan Norsonic

Kedua *loudspeaker dodecahedron* dibandingkan dengan produk Norsonic yaitu *Dodecahedron Loudspeaker Nor276*, untuk mengetahui daya saing dari unjuk kerja *loudspeaker dodecahedron* yang sudah dibuat. Adapun spesifikasi dari *Nor276* adalah seperti berikut.

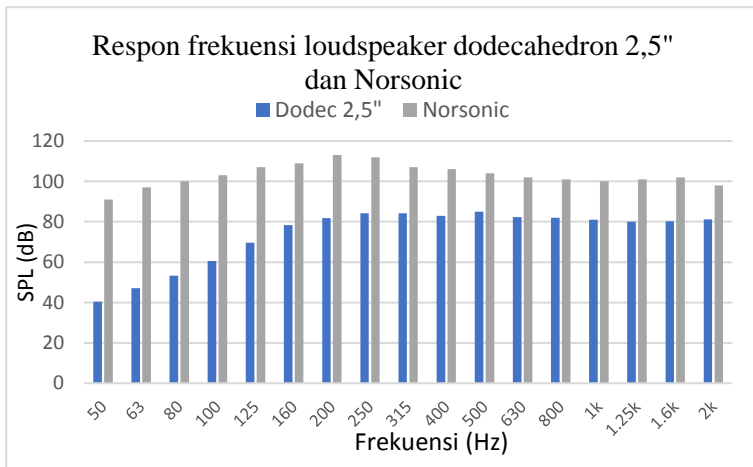
**Tabel 4. 9** Data Spesifikasi *Nor276*

Output Suara Daya	Menggunakan NOR280 dengan <i>pink noise</i> , dan pemerataan: 120 dB (L in)
<i>Speaker</i>	12 x 6"
Daya	200 W RMS Puncak 1000 W
Impedensi	2,7 $\Omega$
Diameter	33,2 mm (13 ")
Berat	<9 kg (19,8 lb)

Berikut adalah perbandingan unjuk kerja ketiga *loudspeaker dodecahedron*.

#### A. Respon Frekuensi

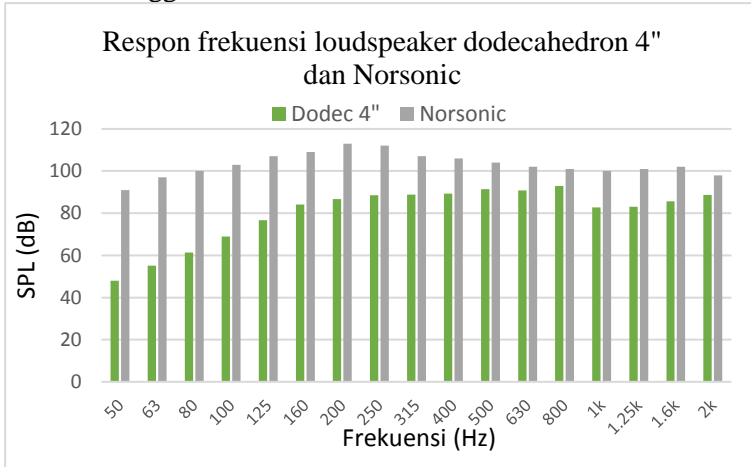
Berikut adalah perbandingan hasil respon frekuensi *loudspeaker dodecahedron 2,5"*, *loudspeaker dodecahedron 4"*, dengan *Nor276* di ruangan.



**Gambar 4. 34** Perbandingan respon frekuensi *loudspeaker dodecahedron 2,5"* dengan *Nor276* di ruangan

Grafik tersebut menunjukkan perbedaan yang signifikan antara respon frekuensi *loudspeaker dodecahedron 2,5"* dengan *Nor276* di ruangan. *Loudspeaker dodecahedron 2,5"* belum mampu menyaingi tingkat tekanan bunyi yang dihasilkan,

dimana tingkat tekanan bunyi dihasilkan saat frekuensi 500 Hz yaitu 85 dB. Namun jika dilihat *loudspeaker dodecahedron 2,5"* mempunyai *flat response* yang lebih Panjang yaitu dari 200 Hz hingga 2000 Hz, sedangkan *Nor276* memiliki *flat response* dari 630 Hz hingga ke 2000 Hz.



**Gambar 4. 35** Perbandingan respon frekuensi *loudspeaker dodecahedron 4"* dengan *Nor276* di ruangan

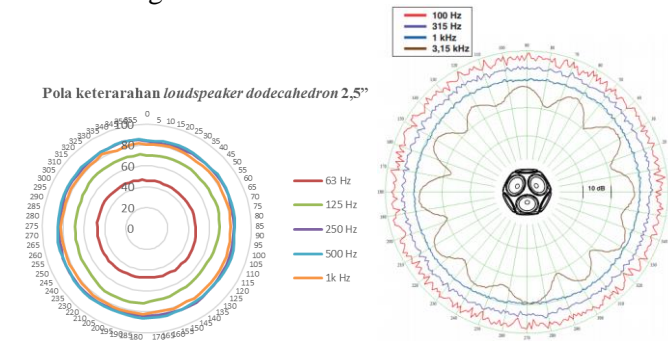
Grafik tersebut menunjukkan perbedaan yang signifikan antara respon frekuensi *loudspeaker dodecahedron 4"* dengan *Nor276* di ruangan. *Loudspeaker dodecahedron 4"* belum mampu menyaingi tingkat tekanan bunyi yang dihasilkan, dimana tingkat tekanan bunyi dihasilkan saat frekuensi 800 Hz yaitu 92,9 dB. Namun jika dilihat *loudspeaker dodecahedron 4"* mempunyai *flat response* saat frekuensi rendah yaitu dari 200 Hz hingga 800 Hz, sedangkan *Nor276* memiliki *flat response* dari 630 Hz hingga ke 2000 Hz.

Kedua *loudspeaker dodecahedron* tidak memiliki respon frekuensi yang hampir *flat* seperti produk *Nor276*, terutama pada frekuensi rendah dibawah 160 Hz. Kekurangan ini dapat mempengaruhi hasil pengukuran *Room Impulse Response (RIR)*, yaitu salah satu metode pengukuran akustik ruang. Pengukuran RIR membutuhkan *loudspeaker* dengan sifat omnidirectional dengan respon frekuensi yang *flat*. Namun

kekurangan pada *loudspeaker dodecahedron* ini dapat mempengaruhi hasil pengukuran RIR dan menjadikan hasil pengukuran tidak valid. Hal ini karena sinyal suara yang digunakan pada pengukuran RIR, seperti respon impuls, *swept sine*, *maximum length sequence*, sangat bergantung pada frekuensi. Jika loudspeaker memiliki respon frekuensi yang tidak flat, maka sinyal suara yang dihasilkan dapat berbeda sehingga menghasilkan error pada hasil pengukuran [15].

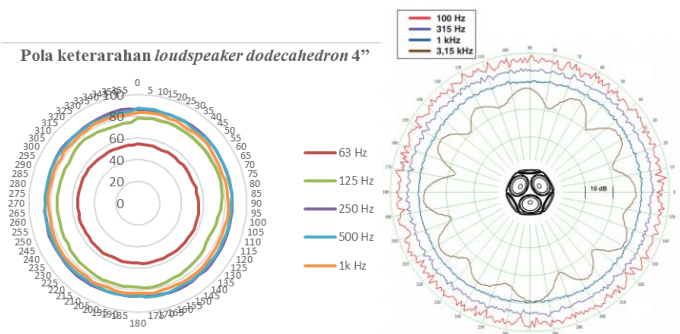
### B. Pola Keterarahan

Berikut adalah perbandingan keterarahan *loudspeaker dodecahedron 2,5"*, *loudspeaker dodecahedron 4"*, dengan *Nor276* di ruangan.



**Gambar 4. 36** Perbandingan keterarahan *loudspeaker dodecahedron 2,5"* dengan *Nor276* di ruangan

Jika dibandingkan pola keterarahan *loudspeaker dodecahedron 2,5"* lebih baik yaitu menyerupai lingkaran dibandingkan dengan *Nor276* di ruangan. Pada frekuensi 1000 Hz keatas pun *loudspeaker dodecahedron 2,5"* dapat mempertahankan pola keterarahannya yang merata.



**Gambar 4. 37** Perbandingan keterarahan *loudspeaker dodecahedron 4"* dengan *Nor276* di ruangan  
Jika dibandingkan pola keterarahan *loudspeaker dodecahedron 4"* lebih baik yaitu menyerupai lingkaran dibandingkan dengan *Nor276* di ruangan. Pada frekuensi 1000 Hz keatas pun *loudspeaker dodecahedron 4"* dapat mempertahankan pola keterarahannya yang merata.

**4.4.3 Perbandingan Unjuk Kerja Loudspeaker Dodecahedron dengan B&K**

Kedua *loudspeaker dodecahedron* dibandingkan dengan produk Bruel & Kjaer (B&K) yaitu *OmniPower Sound Source Type 4292-L*, untuk mengetahui daya saing dari unjuk kerja *loudspeaker dodecahedron* yang sudah dibuat. Adapun spesifikasi dari *OmniPower Sound Source Type 4292-L* adalah seperti berikut.

**Tabel 4. 10** Data Spesifikasi *OmniPower Sound Source Type 4292-L*

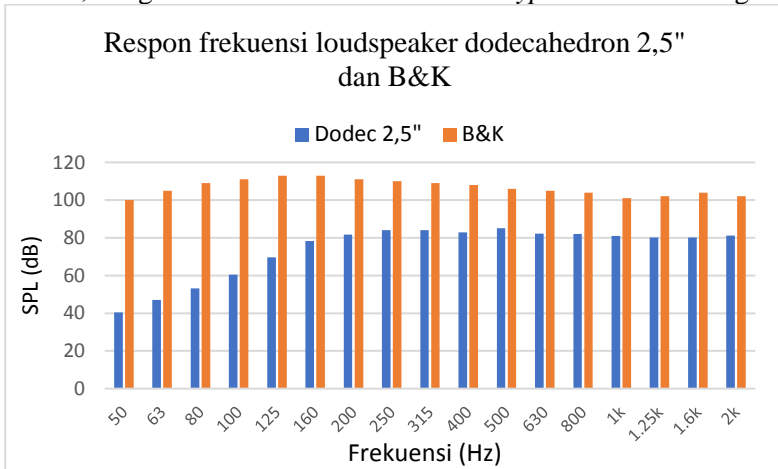
Output Suara Daya	Menggunakan Amplifier 2734 dengan <i>pink noise</i> , dan pemerataan: 122 dB (L in)
Daya	300 W RMS Puncak 1000 W
Impedensi	6Ω
Diameter	39 cm (13 ")
Berat	8 kg (17,6 lb)



Berikut adalah perbandingan unjuk kerja ketiga *loudspeaker dodecahedron*.

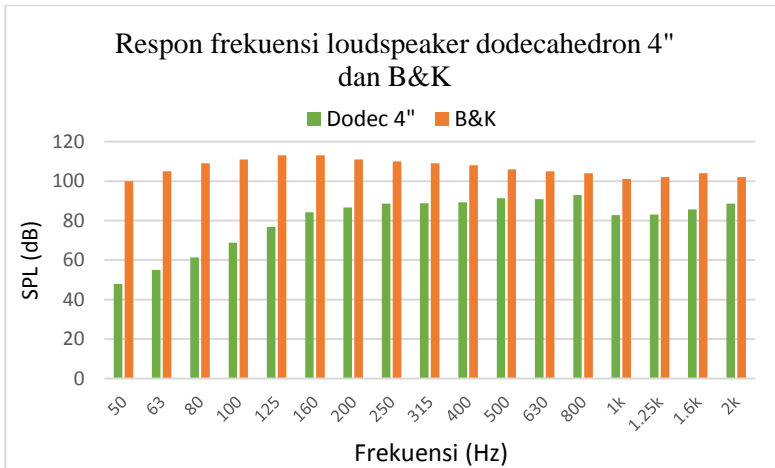
#### A. Respon Frekuensi

Berikut adalah perbandingan hasil respon frekuensi *loudspeaker dodecahedron 2,5"*, *loudspeaker dodecahedron 4"*, dengan *OmniPower Sound Source Type 4292-L* di ruangan.



**Gambar 4. 38** Perbandingan respon frekuensi *loudspeaker dodecahedron 2,5"* dengan *OmniPower Sound Source Type 4292-L* di ruangan

Grafik tersebut menunjukkan perbedaan yang signifikan antara respon frekuensi *loudspeaker dodecahedron 2,5"* dengan *OmniPower Sound Source Type 4292-L* di ruangan. *Loudspeaker dodecahedron 2,5"* belum mampu menyaingi tingkat tekanan bunyi yang dihasilkan, dimana tingkat tekanan bunyi dihasilkan saat frekuensi 500 Hz yaitu 85 dB. *OmniPower Sound Source Type 4292-L* sendiri mampu membangkitkan tingkat tekanan bunyi diatas 100 Hz di setiap frekuensi.



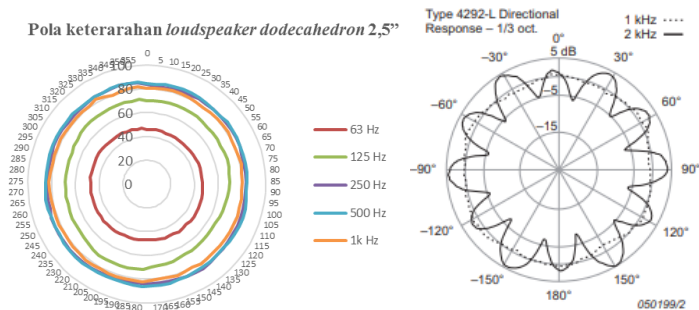
**Gambar 4. 39** Perbandingan respon frekuensi *loudspeaker dodecahedron 4"* dengan *OmniPower Sound Source Type 4292-L* di ruangan

Sama halnya seperti sebelumnya, grafik diatas menunjukkan perbedaan yang signifikan antara respon frekuensi *loudspeaker dodecahedron 4"* dengan *OmniPower Sound Source Type 4292-L* di ruangan. *Loudspeaker dodecahedron 4"* belum mampu menyaingi tingkat tekanan bunyi yang dihasilkan, dimana tingkat tekanan bunyi dihasilkan saat frekuensi 800 Hz yaitu 92,9 dB. *OmniPower Sound Source Type 4292-L* sendiri mampu membangkitkan tingkat tekanan bunyi diatas 100 Hz di setiap frekuensi.

Sama seperti sebelumnya kedua *loudspeaker dodecahedron* tidak memiliki respon frekuensi yang hampir *flat* seperti produk *OmniPower Sound Source Type 4292-L*. Karena kekurangan dari kedua *loudspeaker dodecahedron* tersebut dapat mempengaruhi hasil pengukuran akustik ruang yaitu RIR.

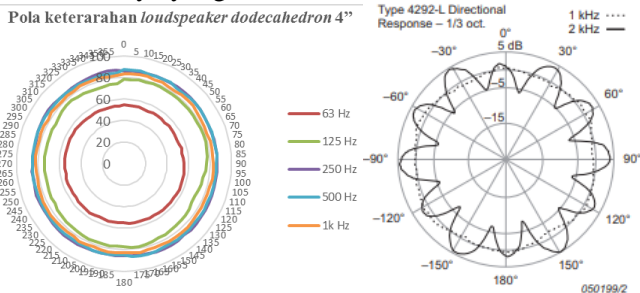
#### **B. Pola Keterarahan**

Berikut adalah perbandingan keterarahan *loudspeaker dodecahedron 2,5"*, *loudspeaker dodecahedron 4"*, dengan *OmniPower Sound Source Type 4292-L* di ruangan.



**Gambar 4. 40** Perbandingan keterarahan *loudspeaker* dodecahedron 2,5" dengan *OmniPower Sound Source Type 4292-L* di ruangan

Jika dibandingkan pola keterarahan *loudspeaker* dodecahedron 2,5" lebih baik yaitu menyerupai lingkaran dibandingkan dengan *OmniPower Sound Source Type 4292-L* di ruangan. Pada frekuensi 1000 Hz keatas pun *loudspeaker* dodecahedron 2,5" dapat mempertahankan pola keterarahannya yang merata.



**Gambar 4. 41** Perbandingan keterarahan *loudspeaker* dodecahedron 4" dengan *OmniPower Sound Source Type 4292-L* di ruangan

Jika dibandingkan pola keterarahan *loudspeaker* dodecahedron 4" lebih baik yaitu menyerupai lingkaran dibandingkan dengan *OmniPower Sound Source Type 4292-L* di ruangan. Pada frekuensi 1000 Hz keatas pun *loudspeaker* dodecahedron 4" dapat mempertahankan pola keterarahannya yang merata.

*“ Halaman ini memang dikosongkan ”*

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Penelitian tugas akhir ini membuat rancang bangun dua *loudspeaker dodecahedron* yang dibuat untuk keperluan pengukuran akustik ruang. Kesimpulan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Rancang bangun *loudspeaker dodecahedron* 2,5” dan 4” dibuat berdasarkan standar ISO 3745 dan 3382-1.
- b. Berdasarkan beberapa parameter yang sudah dianalisis menurut ISO 3745, *loudspeaker dodecahedron* 2,5” memiliki *flat response* pada rentang antara frekuensi 1000 hingga 4000 Hz, dan memiliki pola keterarahan yang baik, menyerupai lingkaran, pada rentang frekuensi 40 Hz sampai dengan 4000 Hz. *Loudspeaker dodecahedron* 4” memiliki *flat response* pada rentang antara frekuensi 800 hingga 2000 Hz, dan memiliki pola keterarahan yang baik, menyerupai lingkaran, pada rentang frekuensi 40 Hz sampai dengan 4000 Hz.
- c. Berdasarkan ISO 3382-1, *loudspeaker dodecahedron* 2,5” dan 4” belum memenuhi batas deviasi maksimum pada frekuensi 125 Hz. Hal ini menandakan bahwa *loudspeaker dodecahedron* 2,5” dan 4” belum bisa dianggap sebagai sumber *omnidirectional*.

#### **5.2 Saran**

Penulis memberikan saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut sebagai berikut:

- a. *Loudspeaker dodecahedron* 2,5” dan 4” dapat digunakan sebagai alat penunjang penelitian-penelitian selanjutnya di bidang akustik ruang.
- b. Adanya penelitian inovasi lainnya untuk *loudspeaker dodecahedron*.

*“ Halaman ini memang dikosongkan ”*

## DAFTAR PUSTAKA

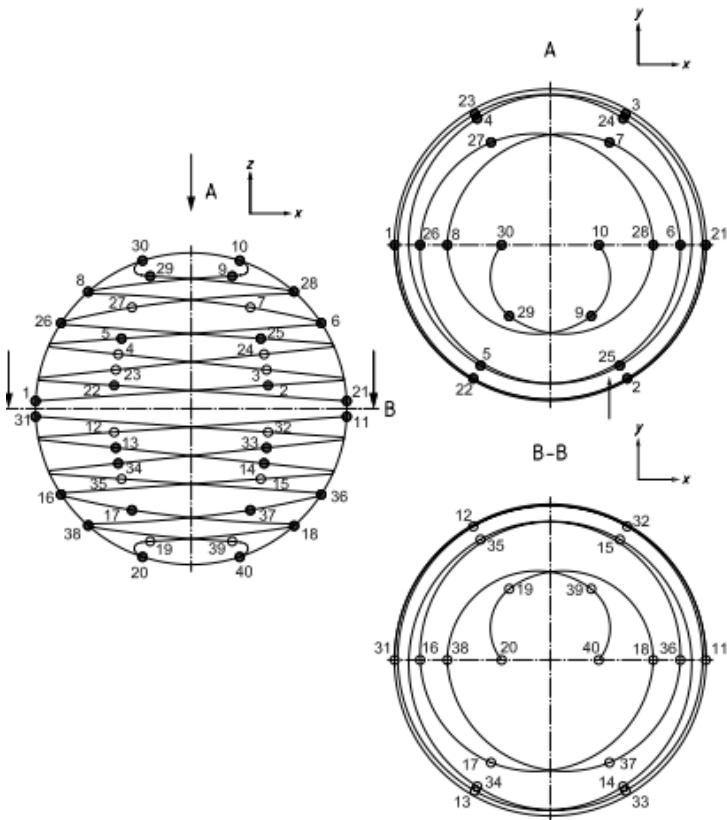
- [1] F. A. Pasqual, "Sound Directivity Control in a 3-D Space by a Compact Spherical Loudspeaker Array".
- [2] S. e. Hosoe, "Development Of Micro-Dodecahedral Loudspeaker For Measuring," *ICASSP*, pp. 329-332, 2006.
- [3] P. A. O. G. U. Sayin, "Realization Of An Omnidirectional Source Of Sound Using Parametric Loudspeakers," *Journal Acoustical Society of America*, vol. 134, no. 3, p. 1899–1907, 2013.
- [4] I. A. Risanti, "Perancangan Loudspeaker Dodecahedron Untuk Pengukuran Akustik Ruang," 2017.
- [5] S. R. H. M. S. T. W. Leishman, "An experimental evaluation of regular polyhedron loudspeakers," *Acoustical Society of America*, vol. 120, no. 3, pp. 1411-1422, 2006.
- [6] K. C. P. F. A. Everest, *Master Handbook of Acoustics*, The McGraw-Hill, 2009.
- [7] R. F. Baron, *Industrial Noise Control and Acoustics*, Louisiana: Marcel Dekker, Inc, 2003.
- [8] e. a. D. A. Russell, "Acoustic monopoles, dipoles, and quadrupoles: An experiment revisited," *American Journal Physics*, vol. 67, no. 8, pp. 660-664, 1998.
- [9] B. Aswoyo, "Pengukuran Koefisien Refleksi Dinding "Anechoic Chamber" pada Frekuensi Gelombang Mikro Band-X menggunakan Teknik Gelombang Berdiri," *Jurnal Emitter : Electronics, Mechatronics & Robotics, Informatics Engineering & Computer, Telecommunication, Electrical & Energy and Reactive Media Technology*, pp. 82-89, 2010.
- [10] Abdiel Jeremi W, "Anechoic Chamber ITB ( Ruangan Tanpa Gema Pertama di Indonesia)," Institut Teknologi Bandung, 26 04 2016. [Online]. Available: <https://www.itb.ac.id/news>. [Accessed 22 05 2017].
- [11] V. P. L"ollmann H., "Estimation Of The Reverberation Time

- In Noisy Environments," in *IWAENC*, 2008.
- [12] E. S. A. W. Indrani H., "Analisis Kinerja Akustik Pada Ruang Auditorium Multifungsi," *Dimensi Interior*, vol. 5, no. 1, pp. 1-11, 2007.
- [13] I. 3382-1, *Measurements of Room Acoustics Parameters*, 2009.
- [14] S. Y., "Perancangan Akustik Ruang Multifungsi Pada Teater A Its Dengan Desain Modular," 2011.
- [15] M. Guski, *Influences of external error sources on measurements of room acoustic parameters*, Berlin: Logos Verlag Berlin GmbH, 2015.



## LAMPIRAN A

**Susunan posisi mikrofon pada permukaan melingkar di  
area *free field* berdasarkan ISO 3745  
( pengukuran respon frekuensi dan SPL)**



### Key

- microphone positions on the facing side
- microphone positions on the remote side

## LAMPIRAN B

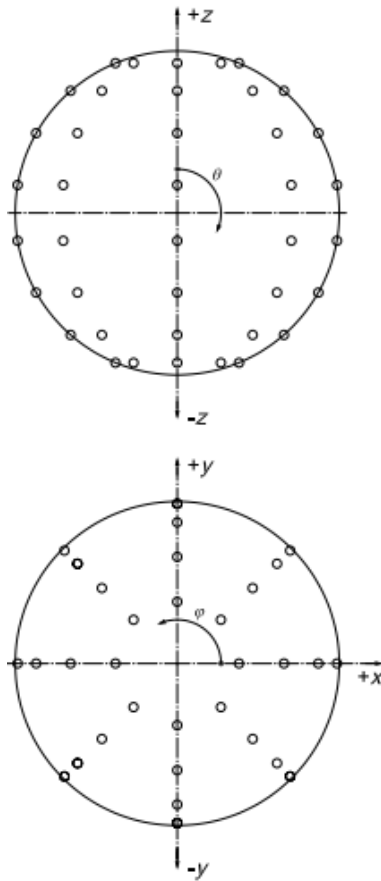
### Penentuan titik-titik pengukuran menggunakan titik koordinat yang telah disediakan oleh ISO 3745.

Table D.1 — Microphone positions

Position number	$x/r$	$y/r$	$z/r$
1	-0,999	0	0,050
2	0,494	-0,856	0,150
3	0,484	0,839	0,250
4	-0,468	0,811	0,350
5	-0,447	-0,773	0,450
6	0,835	0	0,550
7	0,380	0,658	0,650
8	-0,661	0	0,750
9	0,263	-0,456	0,850
10	0,312	0	0,950
11	0,999	0	-0,050
12	-0,494	0,856	-0,150
13	-0,484	-0,839	-0,250
14	0,468	-0,811	-0,350
15	0,447	0,773	-0,450
16	-0,835	0	-0,550
17	-0,380	-0,658	-0,650
18	0,661	0	-0,750
19	-0,263	0,456	-0,850
20	-0,312	0	-0,950
21	0,999	0	0,050
22	-0,494	-0,856	0,150
23	-0,484	0,839	0,250
24	0,468	0,811	0,350
25	0,447	-0,773	0,450
26	-0,835	0	0,550
27	-0,380	0,658	0,650
28	0,661	0	0,750
29	-0,263	-0,456	0,850
30	-0,312	0	0,950
31	-0,999	0	-0,050
32	0,494	0,856	-0,150
33	0,484	-0,839	-0,250
34	-0,468	-0,811	-0,350
35	-0,447	0,773	-0,450
36	0,835	0	-0,550
37	0,380	-0,658	-0,650
38	-0,661	0	-0,750
39	0,263	0,456	-0,850
40	0,312	0	-0,950

## LAMPIRAN C

**Susunan posisi mikrofon pada permukaan melingkar di  
area *free field* berdasarkan ISO 3745  
( pengukuran keterarahan (*directivity*) )**



## LAMPIRAN D

### Dokumentasi pengambilan data di ruang *anechoic* berdasarkan ISO 3745



Skema pengukuran untuk melihat respon frekuensi



Skema pengukuran untuk melihat keterarahan (*directivity*)

*“ Halaman ini memang dikosongkan ”*

## BIODATA PENULIS



Nama penulis Tiara Hanindita dilahirkan di Tangerang, tanggal 20 April 1997 dari bapak yang bernama Hermanto dan ibu bernama Herlina. Saat ini penulis tinggal di Benda Barat 7 Blok B4 nomor 1, Pamulang 2, Tangerang Selatan. Penulis telah menyelesaikan pendidikan di SDI At-Taqwa pada tahun 2008, pendidikan di SMPI Al-Syukro pada tahun 2011, pendidikan di

SMAN 3 Tangerang Selatan pada tahun 2014 dan sedang menempuh pendidikan S1 Teknik Fisika FTI di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya hingga sekarang.

Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai tugas akhir ini, maka dapat menghubungi penulis melalui *email* : [thyr.hndt@gmail.com](mailto:thyr.hndt@gmail.com)